UDC



中华人民共和国国家标准

P

GB 50090－2006

铁 路 线 路 设 计 规 范

Code for design of railway line

2006－03－24 发布　　2006－06－01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中　华　人　民　共　和　国　建　设　部　联合发布

中华人民共和国国家标准

铁 路 线 路 设 计 规 范

Code for design of railway line

GB 50090 - 2006

主编部门：中华人民共和国铁道部
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：2 0 0 6 年 6 月 1 日

中华人民共和国建设部公告

第418号

建设部关于发布国家标准
《铁路线路设计规范》的公告

现批准《铁路线路设计规范》为国家标准，编号为：GB 50090—2006，自2006年6月1日起实施。其中，第1.0.15、1.0.16、1.0.17、1.0.21、3.1.8(1)、3.2.8(2)、5.1.2、5.1.3、5.1.4、5.1.6、5.2.1(1、2)、5.2.5、5.2.6、5.2.7、5.2.10、5.2.14条(款)为强制性条文，必须严格执行。原《铁路线路设计规范》GB 50090—99同时废止。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇六年三月十四日

前　言

本规范是根据建设部建标[2003]102号文件《发于印发“二〇〇二～二〇〇三年工程建设国家标准制定、修订计划”的通知》的要求，由铁道第一勘察设计院会同有关单位对原国家标准《铁路线路设计规范》GB 50090—99进行修订的基础上编制完成的。

本规范主要包括总则、术语和符号、线路的平面和纵断面、车站分布、铁路与道路交叉等内容。

本规范根据我国铁路的技术发展方向，本着贯彻铁路主要技术政策，体现“解放思想，实事求是，与时俱进，以提高运输能力和提升技术装备水平为主线，全面推进技术创新和体制创新”的原则，吸取了原规范执行以来铁路设计、施工和运营以及近年来五次铁路提速的成功经验和专题科研成果，贯彻了从检验设计的正确性向指导设计的合理性方面逐步转化的指导思想，并突出了以人为本、服务运输、强本简末、系统优化、着眼发展的理念，在广泛征求有关单位和专家的意见后修编而成。补充、删减、修订的主要内容有：

1. 修订了铁路等级划分标准。
2. 旅客列车设计行车速度由140km/h提高到160km/h。
3. 修订了铁路的设计年度标准。
4. 增加了铁路基础设施、建筑物和设备的合理设计年度。
5. 修订了铁路闭塞类型和设置原则。
6. 增加了铁路两侧隔离栅栏的设置原则。
7. 增加了开行双层集装箱列车的线路设计要求。
8. 修订了各级铁路最小圆曲线半径标准。

9. 修订了缓和曲线长度、圆曲线和夹直线最小长度等平面设计标准。

10. 修订了车站站坪长度标准。

11. 修订了线路纵断面连接标准和站坪坡度等标准。

12. 修订了区间通过能力设计中的设备维修"天窗"标准。

13. 修订了铁路与道路立体交叉的设置原则。

14. 删减了"正线轨道"的章节。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,由铁道第一勘察设计院负责具体内容解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料,如发现需要修改或补充之处,请及时将意见和有关资料寄交铁道第一勘察设计院(地址:西安市雁塔区西影路2号,邮政编码:710043),并抄送铁道部经济规划研究院(地址:北京市羊坊店路甲8号,邮政编码:100038),供修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:铁道第一勘察设计院

参 编 单 位:西南交通大学

主要起草人:杜寅堂　柳世辉　王齐荣　胡小勇　张　毅
浦伟斌　刘佐治　李光明　赵全录　徐凌弢

目　次

1 总　　则

1.0.1 为统一铁路线路设计技术标准,使铁路线路设计符合安全适用、技术先进、经济合理的要求,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于铁路网中客货列车共线运行、旅客列车设计行车速度等于或小于 160km/h、货物列车设计行车速度等于或小于 120km/h 的Ⅰ、Ⅱ级标准轨距铁路的设计。Ⅲ、Ⅳ级铁路按照相应设计规范执行。

1.0.3 铁路的设计年度应分为近期和远期。近期为交付运营后第 10 年,远期为交付运营后第 20 年。近、远期运量均采用预测运量。

铁路线下基础设施和不易改、扩建的建筑物和设备,应按远期运量和运输性质设计,并适应长远发展的要求;对于易改、扩建的建筑物和设备,宜按近期运量和运输性质设计,并预留远期发展条件。

随运输需求变化增减的机车、车辆等运营设备,可按交付运营后第 3 年或第 5 年的运量进行设计。

1.0.4 新建和改建铁路(或区段)的等级,应根据其在铁路网中的作用、性质、旅客列车设计行车速度和客货运量按下列规定确定:

Ⅰ级铁路　铁路网中起骨干作用的铁路,或近期年客货运量大于或等于 20Mt 者;

Ⅱ级铁路　铁路网中起联络、辅助作用的铁路,或近期年客货运量小于 20Mt 且大于或等于 10Mt 者;

Ⅲ级铁路　为某一地区或企业服务的铁路,近期年客货运量小于 10Mt 且大于或等于 5Mt 者;

Ⅳ级铁路　为某一地区或企业服务的铁路,近期年客货运量

小于 5Mt 者。

注：年客货运量为重车方向的货运量与由客车对数折算的货运量之和。1 对/d 旅客列车按 1.0Mt 年货运量折算。

1.0.5 设计线的旅客列车设计行车速度应根据运输需求、铁路等级、地形条件并考虑远期发展条件等因素综合比选确定。

当沿线运输需求或地形和运营条件差异较大，并有充分的技术经济依据时，可分路段选定旅客列车设计行车速度。Ⅰ、Ⅱ级铁路的路段旅客列车设计行车速度宜按表 1.0.5 规定的数值选用。

表 1.0.5 Ⅰ、Ⅱ级铁路路段旅客列车设计行车速度(km/h)

铁路等级	Ⅰ	Ⅱ
旅客列车设计行车速度	160、140、120	120、100、80

对改建既有线和增建第二线的路段旅客列车设计行车速度，应根据运输需要并结合既有线特征等因素经技术经济比选确定。

不同旅客列车设计行车速度的路段长度应根据铁路等级、地形类别、线路平面和纵断面条件等因素确定。路段长度不宜过短，丘陵、山区可按地形单元划分。

1.0.6 各级铁路的下列主要技术标准，应根据远期运量或国家要求的年输送能力、客车对数和确定的铁路等级在设计中经综合比选确定：

——正线数目；

——牵引种类；

——机车类型；

——牵引质量；

——限制坡度；

——最小曲线半径；

——机车交路；

——到发线有效长度；

——闭塞类型。

1.0.7 新建铁路近期年客货运量分别大于或等于 35Mt 的平原、

丘陵地区和大于或等于 30Mt 的山区，宜一次修建双线。

远期年客货运量达到上述标准者，其正线数目宜按双线设计，分期实施。

远期年客货运量虽未达到上述标准，但按国家要求的年输送能力和客车对数折算的年客货运量大于或等于 30Mt 时，宜预留双线。

1.0.8 牵引种类应根据路网与牵引动力规划、线路特征和沿线自然条件以及动力资源分布情况，结合机车类型合理选定，并应优先采用电力牵引。

1.0.9 机车类型应根据牵引种类、牵引质量、列车设计行车速度等运输需求，按照与线路平面、纵断面技术标准相协调的原则，结合车站分布，经技术经济比选确定。

1.0.10 牵引质量应根据运输需求、限制坡度及机车类型等因素，经技术经济比选确定，并宜与相邻线牵引质量相协调。

1.0.11 机车交路应采用长交路，并应根据牵引种类、机车类型、车流特点、乘务制度、线路条件，结合路网规划及机务设备布局，经技术经济比选确定。

1.0.12 区间通过能力应预留一定的储备。单、双线铁路的储备能力在扣除综合维修“天窗”时间后，应分别采用 20%和 15%，并应考虑客货运量的波动性。

1.0.13 货物列车到发线有效长度应根据运输需求和货物列车长度确定，且宜与邻接线路的货物列车到发线有效长度相协调，并应采用 1050m、850m、750m、650m 等系列值。改建既有线和增建第二线的货物列车到发线有效长度采用上述系列值引起较大工程时，可根据实际需要计算确定。

1.0.14 单、双线铁路的闭塞类型宜分别采用半自动闭塞和自动闭塞。当旅客列车设计行车速度大于 120km/h 时，双线区段应采用速差式自动闭塞，单线区段宜采用自动闭塞或自动站间闭塞，一个区段内应采用同一种闭塞类型。

1.0.15　旅客列车设计行车速度120km/h及以上的路段，铁路两侧应设置隔离栅栏。

1.0.16　铁路线路安全保护区、铁路线路安全保护标志及警示标志的设置，应符合国家现行《铁路运输安全保护条例》的规定。

1.0.17　用于计算路基宽度、桥隧和其他永久性建筑物净空的轨道高度应按远期运量和运营条件确定。

1.0.18　采用电力牵引的铁路，若需内燃牵引过渡时，其建筑物和设备应根据永久性与临时性相结合的原则设计。

1.0.19　改建既有线和增建第二线的设计方案，应考虑施工与运输的相互干扰，并结合指导性施工过渡设计，经技术经济比选确定。

1.0.20　改建既有线和增建第二线，应在满足设计年度的输送能力和设计行车速度的前提下，充分利用既有建筑物和设备。

1.0.21　铁路建筑物和设备的限界应符合现行国家标准《标准轨距铁路机车车辆限界》GB 146.1和《标准轨距铁路建筑限界》GB 146.2的规定。对于开行双层集装箱列车的线路，应满足双层集装箱限界的要求。

1.0.22　铁路设计应坚持以人为本的设计理念，按规定配置行车安全、防火防爆、无障碍等设施和设备。

1.0.23　铁路设计应重视各专业间的总体协调，对电(光)缆沟(槽)、给排水管线、站场排水、防雷接地等设计应统筹考虑。

1.0.24　铁路设计应高度重视环境保护、水土保持、防灾减灾、能源和土地节约及文物保护等工作。

1.0.25　铁路设计应依靠科技进步，结合铁路运输体制改革和生产力布局调整，系统、经济、合理地确定站段布局及规模，节约投资，降低造价；综合考虑投资效益和运营成本，使效益最大化。

1.0.26　铁路线路设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关标准和规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 设计路段(路段) design section(section)

在设计线(或区段)中,各个按规定的不同旅客列车设计行车速度确定与行车速度有关的建筑物和设备标准的线路段落。简称为路段。

2.1.2 路段旅客列车设计行车速度(路段设计速度) design running speed of passenger train in section(section design speed)

用于确定各设计路段内与行车速度有关的建筑物和设备标准的旅客列车设计行车速度。简称为路段设计速度。

2.1.3 国家要求的年输送能力 annual transporting capacity required by the state

国家要求的铁路在交付运营第20年以后具有远景规模性质的年货运输送能力。

2.1.4 道口折算交通量 equivalent traffic volume of grade crossing

年均一昼夜通过道口的火车次数与通过道口的车辆、行人折合为标准车辆数的乘积。

2.1.5 道口平台 platform of grade crossing

道口两侧道路自最外侧钢轨至相邻竖曲线始点的水平路段。

2.2 符 号

2.2.1 几何参数

i_{jl}——加力牵引坡度;

L_n——内侧线缓和曲线长度;

L_w——外侧线缓和曲线长度；

l——坡段长度；

R——曲线半径；

R_n——内侧线曲线半径；

R_w——外侧线曲线半径；

S——曲线两端直线地段的线间距；

S_{min}——直线地段最小线间距；

W——直线地段为最小线间距时曲线地段的线间距加宽值；

W'——曲线地段线间距加宽值；

α——平面曲线偏角；

Δi_r——曲线阻力所引起的坡度减缓值。

2.2.2 力与运动

F_j——机车计算牵引力；

P——机车质量；

Q——牵引质量；

ω_0'——机车单位基本阻力；

ω_0''——车辆单位基本阻力；

v——路段设计速度。

2.2.3 其他

λ——牵引力取值系数。

3 线路的平面和纵断面

3.1 平　　面

3.1.1 线路平面的圆曲线半径应结合工程条件、路段设计速度以及减少维修等因素,因地制宜,合理选用。

曲线半径宜采用以下序列值:12000m、10000m、8000m、7000m、6000m、5000m、4500m、4000m、3500m、3000m、2800m、2500m、2000m、1800m、1600m、1400m、1200m、1000m、800m、700m、600m、550m、500m。

不同设计路段的曲线半径应优先选用表3.1.1规定范围内的序列值;困难条件下,可采用规定范围内10m的整倍数。

表3.1.1　线路平面曲线半径优先取值范围

路段设计速度(km/h)	160	140	120	100	80
曲线半径(m)	2500～5000	2000～4000	1600～3000	1200～2500	800～2000

3.1.2 线路平面的最小曲线半径应根据路段设计速度、工程条件以及运输性质和运输需求比选确定,但不得小于表3.1.2规定的数值。

表3.1.2　最小曲线半径

路段旅客列车设计行车速度(km/h)			160	140	120	100	80
最小曲线半径(m)	工程条件	一般地段	2000	1600	1200	800	600
		困难地段	1600	1200	800	600	500

注:特殊困难条件下,在列车进、出站等必须减、加速地段有充分技术经济依据时,可采用与行车速度相匹配的曲线半径。

改建既有线或增建第二线时,最小曲线半径应结合既有线特征和工程条件比选确定。困难条件下,按上述标准改建将引起巨大工程的小半径曲线可经技术经济比选确定改建方案。

3.1.3 双线铁路两线线间距不变的并行地段的平面曲线，宜设计为同心圆。双线同心圆和改建既有线的曲线半径可为零数。

3.1.4 新建铁路不应设计复曲线。改建既有线在困难条件下，为减少改建工程，可保留复曲线；增建与之并行的第二线，如有充分技术经济依据，也可采用复曲线。

3.1.5 直线与圆曲线间应采用三次抛物线型缓和曲线连接。缓和曲线的长度应符合下列规定：

1 缓和曲线长度应根据曲线半径、路段旅客列车设计行车速度和工程条件确定，应优先采用表 3.1.5-1 规定的数值。但最小缓和曲线长度不得小于表 3.1.5-2 规定的数值

表 3.1.5-1 缓和曲线长度(m)

路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140	120
曲线半径(m)	12000	40	40	40
	10000	50	40	40
	8000	60	40	40
	7000	70	50	40
	6000	70	50	40
	5000	70	60	40
	4500	70	60	40
	4000	80	60	50
	3500	90	70	50
	3000	100	80	50
	2800	110	90	60
	2500	120	90	60
	2000	150	100	70
	1800	170	120	80
	1600	190	130	90
	1400	—	150	100
	1200	—	190	120
	1000	—	—	140
	800	—	—	180

表 3.1.5-2 最小缓和曲线长度(m)

路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
曲线半径(m)	12000	40	40	20	20	20	20	20	20	20	20
	10000	50	40	30	20	20	20	20	20	20	20
	8000	60	50	40	20	30	20	20	20	20	20
	7000	70	50	50	30	30	20	20	20	20	20
	6000	70	50	50	30	30	20	20	20	20	20
	5000	70	60	60	40	40	30	20	20	20	20
	4500	70	60	60	40	40	30	30	20	20	20
	4000	80	70	60	40	50	30	30	20	20	20
	3500	90	70	70	50	50	40	40	20	20	20
	3000	90	80	70	50	50	40	40	20	20	20
	2800	100	90	80	60	50	40	40	30	20	20
	2500	110	100	80	70	60	40	40	30	30	20
	2000	140	120	90	80	60	50	50	40	30	20
	1800	160	140	100	80	70	60	50	40	30	20
	1600	170	160	110	100	70	60	50	40	40	20
	1400	—	—	130	110	80	70	60	40	40	20
	1200	—	—	150	130	90	80	60	50	40	30
	1000	—	—	—	—	120	100	70	60	40	30
	800	—	—	—	—	150	130	80	70	50	40
	700	—	—	—	—	—	—	100	90	50	40
	600	—	—	—	—	—	—	120	100	60	50
	550	—	—	—	—	—	—	130	110	60	50
	500	—	—	—	—	—	—	—	—	60	60

注:当采用表列数值间的曲线半径时,其相应的缓和曲线长度可采用线性内插值,并进整至10m。

2　改建既有线和增建第二线的并行地段若采用表 3.1.5-2 规定的缓和曲线长度将引起较大工程时，可采用较短的缓和曲线，其长度应按实设曲线超高和不大于表 3.1.5-3 规定的超高顺坡率计算确定，并取 10m 的整倍数，特殊困难条件下可取整至 1m，但不应小于 20m。

表 3.1.5-3　改建既有线和增建第二线的并行地段最大超高顺坡率

路段旅客列车设计行车速度(km/h)			160	140	120	100	80
最大超高顺坡率	工程条件	一般地段	1/10v		1/9v		
		困难地段	1/8v		1/7v		

注：当按表规定计算后的最大超高顺坡率大于 2‰时，采用 2‰。v 为路段设计速度，单位为 km/h。

改建既有线在线路条件和建筑物限制等困难条件下，可在同一曲线的两端采用不等长的缓和曲线。

3　改建既有线采用复曲线时，如两圆曲线的曲率差大于表 3.1.5-4 规定的数值，应设置中间缓和曲线。中间缓和曲线的长度应满足超高顺坡的要求，并根据计算确定。特殊困难条件下，可保留原复曲线。

表 3.1.5-4　复曲线可不设中间缓和曲线的两圆曲线的最大曲率差

路段旅客列车设计行车速度(km/h)	140	120	100	80
可不设中间缓和曲线的两圆曲线的最大曲率差	1/6000	1/4000	1/2000	1/1000

3.1.6　圆曲线和夹直线的长度不应小于表 3.1.6 规定的数值。

表 3.1.6　圆曲线或夹直线最小长度

路段旅客列车设计行车速度(km/h)	160	140	120	100	80
圆曲线或夹直线最小长度(m)	130 (80)	110 (70)	80 (50)	60 (40)	50 (30)

注：括号内的数值为特殊困难条件下，经技术经济比选后方可采用的圆曲线或夹直线最小长度。

改建既有线和增建第二线的并行地段，特殊困难条件下，对旅客列车设计行车速度小于 100km/h 的地段有充分的技术经济依据时，圆曲线长度和夹直线长度可不受表 3.1.6 规定的数值限制，但不得小于 25m。

3.1.7 增建的第二线宜设在既有线的一侧，如需改换左右侧时，宜在曲线上或车站附近进行换侧。

3.1.8 区间线路线间距及其加宽应符合下列规定：

1 直线地段的线间距不得小于表 3.1.8-1 规定的数值。

表 3.1.8-1 区间直线地段最小线间距(m)

线别间	路段旅客列车设计行车速度(km/h)	区间直线地段最小线间距
第一、二线间	160	4.2
	≤140	4.0
第二、三线间	—	5.3

注：区间直线地段两单线铁路并行引入车站时的最小线间距，应根据装设信号机和通行超限货物列车情况，按需要计算确定。

2 曲线地段的线间距加宽值应按下列规定确定：

1）当曲线两端直线地段的线间距采用表 3.1.8-1 规定的数值时，曲线线间距加宽值应采用表 3.1.8-2 规定的数值。

2）当曲线两端直线地段的线间距大于表 3.1.8-1 规定的数值时，曲线线间距加宽值应按下列公式计算确定：

$$W'=(S_{min}\times10^3+W)-S\times10^3 \qquad (3.1.8\text{-}1)$$

式中 W'——曲线地段线间距加宽值(mm)，当小于或等于零时，可不加宽；

S_{min}——直线地段最小线间距(m)，采用表 3.1.8-1 规定的数值；

W——直线地段为最小线间距时曲线地段的线间距加宽值(mm)，采用表 3.1.8-2 规定的数值；

S——曲线两端直线地段的线间距(m)。

表 3.1.8-2 区间直线地段为最小线间距时曲线地段的线间距加宽值(mm)

线别间		第一、二线间						第二、三线间				
内、外侧线路曲线超高设置情况		外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时					其他情况					
路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140	120	100	80	≤160	160	140	120	100	80
曲线半径(m)	12000	50	35	30	20	15	10	60	50	40	30	20
	10000	60	35	30	20	15	10	70	50	40	30	20
	8000	75	50	35	25	15	10	95	60	50	30	20
	7000	80	65	50	30	20	15	105	85	65	45	35
	6000	80	65	50	35	25	15	115	85	65	45	35
	5000	95	80	55	40	35	15	120	105	75	55	45
	4500	100	85	70	45	40	20	125	110	90	60	50
	4000	100	85	85	55	40	20	130	110	100	70	50
	3500	105	100	90	65	50	25	145	135	115	85	65
	3000	105	100	90	80	65	30	150	140	120	100	80
	2800	115	110	95	85	65	35	165	150	130	115	85
	2500	125	110	100	100	70	35	175	155	135	125	95
	2000	175	125	115	105	95	40	245	170	150	140	110
	1800	185	135	125	110	100	45	260	185	165	145	125
	1600	195	150	135	125	115	55	275	205	185	165	145
	1400	—	190	150	135	125	60	—	260	200	180	160
	1200	—	210	165	155	135	70	—	290	220	200	170
	1000	—	—	220	175	155	85	—	—	295	225	195
	800	—	—	265	210	190	105	—	—	355	265	235
	700	—	—	—	260	210	120	—	—	—	340	260
	600	—	—	—	295	235	140	—	—	—	380	290
	550	—	—	—	315	255	155	—	—	—	405	315
	500	—	—	—	—	280	170	—	—	—	—	340

注:1 采用表列数值间的曲线半径时,曲线线间距加宽值可采用线性内插值,并进整至 5mm。

2 两单线铁路曲线线间距加宽值应根据装设信号机和通行超限货物列车情况,按实际需要计算确定。

3)考虑双层集装箱运输需求的线路，曲线加宽应根据双层集装箱运输限界计算确定。

3 两线并行地段的曲线线间距加宽值应采用加长内侧线缓和曲线长度的方法完成。内侧线缓和曲线长度应按下列公式计算确定：

$$L_n=\sqrt{24R_n\left(\frac{L_w^2}{24R_w}+W'\times10^{-3}\right)} \qquad (3.1.8\text{-}2)$$

式中 L_n——内侧线缓和曲线长度(m)，进整至10m；

L_w——外侧线缓和曲线长度(m)，按本规范第3.1.5条的规定取值；

R_n——内侧线曲线半径(m)；

R_w——外侧线曲线半径(m)。

3.1.9 区间线路线间距变更方法及其相关的平面标准应符合下列规定：

1 车站两端和桥隧地段的线间距变更宜利用附近曲线完成。条件不具备时，可在第二线上采用反向曲线完成。

2 相邻两线采用反向曲线变更线间距时，如受本规范表3.1.6规定的圆曲线最小长度限制，可不设缓和曲线，但圆曲线半径不得小于表3.1.9规定的数值。

表3.1.9 采用反向曲线变更线间距可不设缓和曲线的最小圆曲线半径

路段旅客列车设计行车速度(km/h)	160	140	120	100	80
可不设缓和曲线的最小圆曲线半径(m)	12000	10000	5000	4000	3000

3 相邻两线采用反向曲线变更线间距，若受曲线偏角限制难于采用本规范表3.1.6规定的圆曲线最小长度标准时，对旅客列车设计行车速度小于100km/h的地段，可采用较短的圆曲线长度，但不得小于20m。

3.1.10 特大桥、大桥宜设在直线上。困难条件下必须设在曲线上时，宜采用较大的曲线半径。明桥面桥不应设在反向曲线上，也

不宜设在缓和曲线上。跨度大于40m或桥长大于100m的明桥面桥设在半径小于1000m的曲线上时，应有充分技术经济依据。

3.1.11 隧道宜设在直线上。如因地形、地质等条件限制必须设在曲线上时，曲线宜设在洞口附近并采用较大的曲线半径。隧道不宜设在反向曲线上。

3.1.12 车站的站坪长度应根据远期到发线有效长度、正线数目、车站种类和车站布置形式等条件确定。一般可采用不小于表3.1.12规定的数值。困难条件下，站坪长度可按实际需要确定。

表 3.1.12 站坪长度(m)

车站种类	车站布置形式	远期到发线有效长度						
		1050		850		750		650
		单线	双线	单线	双线	单线	双线	单线
会让站、越行站	横列式	1450	1700	1250	1500	1150	1400	1050
中间站	横列式	1600	2000	1400	1800	1300	1700	1200
区段站	横列式	2000	2500	1800	2300	1700	2200	1600
	纵列式	3500	4000	3100	3600	2900	3400	2600

注：1 站坪长度未包括站坪两端竖曲线长度。

2 如有其他铁路接轨时，站坪长度应根据需要计算确定。

3 多机牵引时，站坪长度应根据机车数量及长度计算确定。

4 会让站、越行站、中间站和区段站的站坪长度，除越行站、双线中间站两端按各铺一组18号道岔单渡线确定外，正线上其他道岔采用12号确定，当采用其他型号道岔时应另行计算确定。

5 复杂中间站、区段站的站坪长度可按实际需要计算确定。

3.1.13 车站正线的平面设计标准应符合下列规定：

1 区段站应设在直线上。特殊困难条件下，如有充分技术经济依据，可设在曲线上，但其曲线半径不得小于表3.1.13规定的数值。

中间站、越行站、会让站宜设在直线上。困难条件下需设在曲线上时，其曲线半径不应小于表3.1.13规定的数值。

表 3.1.13 车站平面最小圆曲线半径(m)

<table>
<tr><td colspan="4">路段旅客列车设计行车速度(km/h)</td><td>160</td><td>140</td><td>120</td><td>100</td><td>80</td></tr>
<tr><td rowspan="3">最小
圆曲线半径</td><td colspan="3">区段站</td><td>1600</td><td>1200</td><td colspan="3">800</td></tr>
<tr><td rowspan="2">中间站、会让站、
越行站</td><td rowspan="2">工程
条件</td><td>一般</td><td>2000</td><td>1600</td><td>1200</td><td>800</td><td rowspan="2">600</td></tr>
<tr><td>困难</td><td>1600</td><td>1200</td><td>800</td><td>600</td></tr>
</table>

2 改建车站时，特殊困难条件下，如有充分技术经济依据，可保留小于表 3.1.13 规定的曲线半径。

3 横列式车站不应设在反向曲线上。纵列式区段站设在曲线上时，每一运行方向的到发线有效长度范围内不应有反向曲线。

4 车站曲线宜采用较小的偏角。

5 车站咽喉区范围内的正线应设在直线上。车站咽喉区两端最外道岔及其他单独道岔(直向)至曲线超高顺坡终点之间的直线长度，当路段设计速度大于 120km/h 时，不应小于 40m；困难条件下，不应小于 25m。低于上述速度的其他线路不应小于 20m。

3.2 纵 断 面

3.2.1 设计线(或区段)的限制坡度应根据铁路等级、地形条件、牵引种类和运输要求比选确定，并应考虑与邻接铁路的牵引质量相协调，但不得大于表 3.2.1 规定的数值。

表 3.2.1 限制坡度最大值(‰)

铁路等级		Ⅰ			Ⅱ		
地形地别		平原	丘陵	山区	平原	丘陵	山区
牵引种类	电力	6.0	12.0	15.0	6.0	15.0	20.0
	内燃	6.0	9.0	12.0	6.0	9.0	15.0

3.2.2 根据地形、工程和运输需求，经过比选，各级铁路均可采用加力牵引坡度。加力牵引坡度的使用应符合下列规定：

1 加力牵引坡度应集中使用。加力牵引地段宜与区段站或其他有机务设备的车站邻接。

2　加力牵引坡度应根据牵引质量、机车类型、机车台数及加力牵引方式按下式计算确定：

$$i_{j1}=\frac{\sum_{k=1}^{n}\lambda_y\lambda_k F_{jk}-\left(\sum_{k=1}^{n}P_k\omega_{0k}'+Q\omega_0''\right)}{\left(\sum_{k=1}^{n}P_k+Q\right)\cdot g} \tag{3.2.2}$$

式中　i_{j1}——加力牵引坡度(‰)，以0.5‰为单位取值；

n——机车台数；

λ_y——机车牵引力使用系数，取$\lambda_y=0.9$；

λ_k——第k台机车的牵引力取值系数，根据加力牵引方式和操纵方法按国家现行标准《列车牵引计算规程》TB/T 1407的规定取值；

F_{jk}——第k台机车在本务机车计算速度时的牵引力(N)；

P_k——第k台机车的质量(t)；

Q——牵引质量(t)；

ω_{0k}'——第k台机车在本务机车计算速度时的单位基本阻力(N/t)；

ω_0''——车辆在本务机车计算速度时的单位基本阻力(N/t)；

g——重力加速度，取9.81m/s^2。

3　各级铁路电力、内燃牵引的加力牵引坡度值分别不得大于30.0‰和25.0‰。

4　采用相同类型的机车加力牵引时，各种限制坡度相应的加力牵引坡度可采用表3.2.2规定的数值。

表3.2.2　电力和内燃牵引的加力牵引力坡度(‰)

限制坡度	双机牵引坡度		三机牵引坡度	
	电力	内燃	电力	内燃
4.0	9.0	8.5	14.0	13.0
5.0	11.0	10.5	16.5	15.5
6.0	13.0	12.5	19.0	18.5

续表 3.2.2

<table>
<tr><th rowspan="2">限制坡度</th><th colspan="2">双机牵引坡度</th><th colspan="2">三机牵引坡度</th></tr>
<tr><th>电力</th><th>内燃</th><th>电力</th><th>内燃</th></tr>
<tr><td>7.0</td><td>14.5</td><td>14.5</td><td>21.5</td><td>21.0</td></tr>
<tr><td>8.0</td><td>16.5</td><td>16.0</td><td>24.0</td><td>23.5</td></tr>
<tr><td>9.0</td><td>18.5</td><td>18.0</td><td>26.5</td><td rowspan="8">25.0</td></tr>
<tr><td>10.0</td><td>20.0</td><td>20.0</td><td>29.0</td></tr>
<tr><td>11.0</td><td>22.0</td><td>21.5</td><td rowspan="6">30.0</td></tr>
<tr><td>12.0</td><td>24.0</td><td>23.5</td></tr>
<tr><td>13.0</td><td>25.5</td><td rowspan="4">25.0</td></tr>
<tr><td>14.0</td><td>27.5</td></tr>
<tr><td>15.0</td><td>29.0</td></tr>
<tr><td>16.0</td><td>30.0</td></tr>
</table>

注:内燃牵引的加力牵引坡度值是按机车牵引力未进行海拔与气温修正计算的,条件不同时应按公式(3.2.2)计算确定。

3.2.3 轻、重车方向货流显著不平衡,将来也不致发生巨大变化,且分方向采用不同限制坡度有显著经济价值时,可分方向选择限制坡度,但Ⅰ级铁路仅在特殊困难条件下,有充分技术经济依据时方可采用。

轻车方向的最大坡度值不宜大于重车方向的三机牵引坡度值,且应进行重车方向的下坡制动安全检算。

3.2.4 改建既有线时,对局部超过限制坡度的地段,若降坡将引起困难工程,且运营实践和牵引计算检算证明列车可以利用动能以不低于机车计算速度通过的坡度,可予保留,但既有线为双线时,不应妨碍自动闭塞的采用。

增建第二线时,对既有线超过限制坡度的地段,可作为单方向

行车的下坡线，但不应妨碍自动闭塞的采用。

3.2.5 最大坡度应按下列规定进行坡度减缓（或折减）。

1 平面曲线（指加缓和曲线前的圆曲线，下同）范围内应进行曲线阻力所引起的坡度减缓，其减缓值应按下列公式计算确定。

1）当曲线长度大于或等于货物列车长度时，

$$\Delta i_r = \frac{600}{R} \tag{3.2.5-1}$$

2）当曲线长度小于货物列车长度时，

$$\Delta i_r = \frac{10.5\sum\alpha}{l} \tag{3.2.5-2}$$

式中 Δi_r——曲线阻力所引起的坡度减缓值（‰）；

R——曲线半径（m）；

l——坡段长度（m），当其大于货物列车长度时采用货物列车长度；

$\sum\alpha$——坡段长度（或货物列车长度）内平面曲线偏角总和（°）。

2 长度大于400m的隧道线路坡度不得大于最大坡度乘以表3.2.5规定的系数所得的数值。位于曲线地段的隧道，应先进行隧道坡度折减，再进行曲线坡度减缓。

表3.2.5 电力和内燃牵引铁路隧道内线路最大坡度折减系数

隧道长度 L(m)	电力牵引	内燃牵引
$400<L\leqslant1000$	0.95	0.90
$1000<L\leqslant4000$	0.90	0.80
$L>4000$	0.85	0.75

内燃机车牵引列车通过长度小于或等于1000m的隧道时，最低运行速度不得小于机车的最低计算速度（V_{jmin}），隧道长度大于1000m时不得小于$V_{jmin}+5$km/h。达不到上述要求时，应在隧道外设计加速缓坡。

3 改建既有线按上述规定减缓或折减将引起巨大工程时，可

以保留原标准。

3.2.6 相邻坡段的连接宜设计为较小的坡度差。相邻坡段的坡度差不得大于表3.2.6规定的数值。

表3.2.6 相邻坡段最大坡度差

远期到发线有效长度(m)		1050	850	750	650
最大坡度差(‰)	一般	8	10	12	15
	困难	10	12	15	18

改建既有线如有充分技术经济依据时,其相邻坡段的坡度差可保留原数值。

3.2.7 纵断面宜设计为较长的坡段,坡段长度应符合下列规定:

1 旅客列车设计行车速度为160km/h的路段,坡段长度不应小于400m,且最小坡段不宜连续使用两个以上。

2 旅客列车设计行车速度小于160km/h的路段:

1)坡段长度不宜小于表3.2.7规定的数值。

表3.2.7 最小坡段长度(m)

远期到发线有效长度	1050	850	750	650
最小坡段长度	400	350	300	250

2)凸形纵断面顶部为缓和坡度差而设置的分坡平段的长度不应小于200m。

3)困难条件下,因坡度减缓或折减而形成的坡段、长路堑内为排水而设置的人字坡坡段长度均可减至200m。

3 改建既有线和增建第二线的坡段长度在困难条件下可减至200m。

3.2.8 竖曲线的设置应符合下列规定:

1 相邻坡段的坡度差符合下列条件时,应以圆曲线形竖曲线连接。

1)路段设计速度为160km/h的地段,当相邻坡段的坡度差大于1‰时,竖曲线半径应采用15000m。

2）当路段设计速度小于 160km/h，相邻坡段的坡度差大于 3‰时，竖曲线半径应采用 10000m。

2　下列地段不得设置竖曲线；当路段设计速度大于120km/h时，不得设置变坡点：

1)缓和曲线地段；

2)明桥面桥上；

3)正线道岔范围内。

3　旅客列车设计行车速度为 160km/h 的地段，竖曲线与平面圆曲线不宜重叠设置，困难条件下竖曲线可与半径不小于 2500m 的圆曲线重叠设置；特殊困难条件下，经技术经济比选，竖曲线可与半径不小于 1600m 的圆曲线重叠设置。

4　改建既有线和增建第二线时，若既有线是采用抛物线形竖曲线，且折算竖曲线半径不小于上述规定，则可保留既有线的坡段连接标准。特别困难条件下，竖曲线的位置可不受缓和曲线位置的限制。

5　改建既有线和增建第二线时，旅客列车设计行车速度小于或等于 100km/h 的地段，若改造竖曲线与道岔重叠处，引起困难工程，且竖曲线半径不小于 10000m 者可予保留。

3.2.9　增建的第二线与既有线在共同路基上且线间距不大于 5m 时，两线的轨面高程宜相等(曲线地段为内轨面等高)。困难条件下，个别地段的两线轨面可有不大于 30cm 的高程差，但在易受雪埋的地段，轨面高程差不应大于 15cm。

道口处相邻两线不宜有轨面高程差，困难条件下高程差不应大于 10cm。线间距大于 5.0m 的并肩道口，相邻两线轨面高程差形成的坡度不应大于 2%。

3.2.10　改建既有线纵断面利用道碴起道提高轨面高程时，起道高度不宜大于 50cm。降低轨面高程需挖切道床时，个别地点的道床厚度可较规定标准减小 5cm，但道床厚度不得小于 25cm。

降低轨面高程不宜采用挖切路基的措施，仅在受建筑限界、建

筑物构造限制及为消除路基病害地段方可采用。

3.2.11 涵洞和道碴桥面桥可位于任何纵断面坡道上。明桥面桥宜设在平道上，如将跨度大于 40m 或桥长大于 100m 的明桥面桥设在大于 4‰的坡道上，应有充分的技术经济依据。

3.2.12 隧道内的坡道可设置为单面坡或人字坡，地下水发育的长隧道宜采用人字坡。其坡度值不宜小于 3‰，在最冷月平均气温低于−5℃ 的地区地下水发育的隧道内可适当加大坡度。

3.2.13 车站站坪坡度应符合下列规定：

1 站坪宜设在平道上。困难条件下，可设在不大于 1.0‰的坡道上。特殊困难条件下，有充分技术经济依据时，会让站、越行站可设在不大于 6‰的坡道上，但不应连续设置。

改建车站在特殊困难条件下，如有充分技术经济依据，可保留既有坡度，但应采取防溜安全措施。

2 咽喉区的正线坡度，宜与站坪坡度相同。特殊困难条件下，可将咽喉区设置在限制坡度减 2‰的坡道上，但区段站、客运站和中间站、会让站、越行站咽喉区的正线坡度分别不得大于 2.5‰和 10‰。

咽喉区外的个别道岔和渡线可设在不大于限制坡度的坡道上。

改建车站的咽喉区，在特殊困难条件下，有充分技术经济依据时，可设在不大于限制坡度或双机牵引坡度的坡道上，但区段站和中间站、会让站、越行站咽喉区的坡度分别不得大于 4‰和 15‰。

3 车站的站坪坡度均应保证列车的起动。

3.2.14 旅客乘降所应设在能保证旅客列车起动且坡度不大于 8‰的坡道上。特殊困难条件下，有充分技术经济依据时，可设在坡度大于 8‰的坡道上。

3.2.15 限制坡度小于或等于 6‰的内燃牵引铁路，编组站、区段站和接轨站进站信号机前的线路坡度，不能保证货物列车顺利起动时，应设置起动缓坡。其他车站除地形困难者外，也宜设置起动缓坡。

4 车站分布

4.0.1 车站分布应遵循以下基本原则：

1 必须满足国家要求的年输送能力和客车对数。

2 办理客货运业务的中间站应根据日均客货运量，结合该地区其他运输工具的发展情况并与城市或地区规划相协调合理分布。有技术作业的中间站应满足技术作业要求。会让站和越行站应按通过能力要求的货物列车走行时分标准分布。

3 应考虑地形、地质、水文和铁路运营条件。

4 应考虑区间通过能力的均衡性。

4.0.2 区间通过能力设计中，电力牵引单、双线铁路的日均综合维修“天窗”时间，可分别取90min、120min，内燃牵引单、双线铁路的日均综合维修“天窗”时间，可分别取60min、70min。列车运行图上综合维修“天窗”时间不宜少于180min。

4.0.3 新建铁路的站间距离，单线不宜小于8km，双线不宜小于15km。枢纽内站间距离不得小于5km。

4.0.4 单线铁路技术作业站相邻区间的列车往返走行时分应少于该线车站分布的区间最大往返走行时分，其减少值应符合下列规定：

1 区段站相邻区间各减少4min。

2 其他技术作业站如因技术作业时分影响区间通过能力，且将来不易消除其影响者，可根据需要减少相邻区间走行时分。

4.0.5 新建单线铁路的个别地段，当设站引起巨大工程时，经技术经济比较，可延长区间距离，以双线代替车站。

4.0.6 新建双线铁路的车站分布，应根据不同的牵引种类、客车对数和路段旅客列车设计行车速度等因素确定。站间货物列车单

方向的运行时分不宜大于表 4.0.6 规定的数值。困难条件下，个别区间的货物列车运行时分可比表 4.0.6 规定的数值增大 1～2min。

表 4.0.6 新建双线铁路站间货物列车单方向运行时分

路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140		≤120		
旅客列车对数(对/d)		—	≤30	>30	≤20	21～40	>40
站间货物列车单方向运行时分(min)	电力	20	25	20	30	25	20
	内燃	25	40	35	45	40	—

4.0.7 远期为双线、近期为单线的新建铁路宜按双线标准分布车站，当近期单线不能满足通过能力需要时，可采用增加会让站等措施过渡。如确有技术经济依据，也可按满足近期单线运量要求分布车站。过渡工程设计应远近结合，尽量减少废弃工程。

4.0.8 新建铁路各设计年度开设的车站，应按各设计年度客货运量要求的通过能力和地方运输需要分别确定。

4.0.9 改建既有线或增建第二线时，在通过能力允许的情况下，宜关闭作业量较小的车站。

5 铁路与道路交叉

5.1 铁路与道路立体交叉

5.1.1 铁路与公(道)路交叉,应优先考虑设置立体交叉,减少平交道口。立体交叉的形式应根据路段设计速度、铁路与道路的性质、等级、交通量、地形条件、安全要求以及经济效益和社会效益等因素确定。

5.1.2 铁路与高速公路、一级公路和城市道路中的快速路交叉,必须设置立体交叉。铁路与其他道路交叉,符合下列条件之一者应设置立体交叉。

1 Ⅰ级铁路与其他道路交叉。

2 铁路与二级公路交叉。

3 铁路路段旅客列车设计行车速度大于或等于120km/h的地段。

4 铁路与道路交叉交付运营第5年的道口折算交通量大于或等于表5.1.2-1规定的数值者。

表5.1.2-1 设置立体交叉的道口折算交通量

(万辆次/年平均昼夜)

瞭望条件	路段旅客列车设计行车速度(km/h)	
	100	80
良好	12.0	16.0
不良	6.0	8.0

注:瞭望条件良好是指道口瞭望视距符合本规范表5.2.1规定的,反之则不良。

道路上的车辆、行人折合成标准车辆数的折合系数应采用表5.1.2-2规定的数值。

表 5.1.2-2 道路车辆、行人折合成标准车辆数的折合系数

种　　类	折合系数	
	城市道路	其他道路
普通汽车(含一般载货汽车、大客车、拖拉机)	1.50	1.00
小客车、吉普车	1.00	0.50
带挂车的载货汽车	1.50	
铰接公共汽车、畜力车	2.00	
摩托车、人力车	0.50	
自行车	0.10	
行人	0.05	

5 结合地形或桥涵构筑物情况，有设置立体交叉条件者。

6 确有特殊需要者。

5.1.3 铁路与道路立体交叉的建筑限界应符合下列规定：

1 道路上跨铁路时，铁路的建筑限界应符合现行国家标准《标准轨距铁路建筑限界》GB 146.2 的规定；有双层集装箱运输需求的铁路，应满足双层集装箱运输限界的要求。

2 道路下穿铁路时，公路、厂外道路、城市道路的建筑限界应符合国家现行的有关标准和规范的规定。

3 乡村道路下穿铁路时，乡村道路的净空应根据通道种类和交叉条件与有关单位协商确定，但不得小于表 5.1.3 规定的数值。

表 5.1.3 立交桥下乡村道路净空(m)

通道种类	汽车及大型农机通道	机耕和畜力车通道	人力车和人行通道
净宽	5.0	4.0	2.0
净高	4.5	3.0	2.5

注：1 通行汽车及大型农机的乡村道路，特殊困难条件下净宽可减至 4.5m，净高可减至 3.5m。

2 特殊困难条件下仅供人行的道路，净高可按不小于 2.2m 设计。

5.1.4 通行机动车的道路下穿铁路桥梁、涵洞时，铁路桥跨布置应满足相应道路对停车视距的有关要求，并应按国家有关规定设置车辆通过限高标志及限高防护架。

5.1.5 立体交叉范围内应设置完整通畅的排水系统。

5.1.6 铁路与道路立交的铁路桥或道路桥的桥上两侧应设置安全防护设施。

5.2 道　　口

5.2.1 道口设置应符合下列规定：

1 道口宜设在瞭望视距不小于表5.2.1规定数值的地点。

表5.2.1 火车司机最小瞭望视距和机动车驾驶员侧向最小瞭望视距

路段旅客列车设计行车速度(km/h)	火车司机最小瞭望视距(m)	机动车驾驶员侧向最小瞭望视距(m)
100	850	340
80	850	270

注：1 机动车驾驶员侧向最小瞭望视距为机动车在距道口相当于该级道路停车视距并不小于50m处，应能看到两侧铁路上火车的范围。

2 线间距小于或等于5m的双线铁路道口，机动车驾驶员侧向最小瞭望视距还应增加50m，多线铁路道口按计算确定。

2 在车站内，桥梁、隧道两端及进站信号机外方100m范围以内不应设置道口。

3 铁路曲线地段不宜设置道口。

5.2.2 道口间的距离不应小于2km。

5.2.3 铁路与道路平面交叉宜设计为正交，斜交时其交叉角应大于45°。

5.2.4 通过道口的道路平面线形应为直线。从最外侧钢轨算起的道路最小直线长度不应小于50m，困难条件下不应小于表5.2.4规定的数值。

表 5.2.4　道口每侧道路的最小直线长度

道路种类	道路计算行车速度(km/h)		
	80	60	≤50
公路、厂外道路、城市道路(m)	40	40	30
乡村道路(m)	20		

5.2.5　铁路钢轨头部外侧 50mm 范围内，道口铺面应低于轨面 5mm。

5.2.6　道口平台的长度不应小于表 5.2.6 规定的数值。

表 5.2.6　道口平台的最小长度(m)

道路种类	城市道路		公路及厂外道路	乡村道路
	通行铰接汽车	通行普通汽车		
平台长度	20	16	16	10

5.2.7　紧接道口平台的道路纵坡不应大于表 5.2.7 规定的数值。

表 5.2.7　紧接道口平台的道路最大纵坡(%)

道路种类	城市道路		公路及厂外道路	乡村道路
	通行铰接汽车	通行普通汽车		
一般	2.5	3.0	3.0	3.0
困难	3.5	5.0	5.0	6.0

5.2.8　符合下列条件之一的道口应设人看守：

1　路段设计速度 100km/h 和 80km/h 的地段，道口交付运营第 5 年的道口折算交通量分别大于 1 万辆次和 2 万辆次者。

2　直接通向飞机场或易燃易爆品仓库道路上的道口。

3　在距最外侧钢轨 5m 处停车，机动车驾驶员侧向瞭望视距小于本规范表 5.2.1 规定的道口。

5.2.9　有人看守道口应设置道口看守房和电力照明以及栏木、通信(有线和无线)、道口自动通知、道口自动信号、遮断信号等安全预警设备。无人看守道口应设置警示标志，并根据需要设置道口自动信号和道口监护设施。

5.2.10　道口两侧的道路上除应根据规定设置护桩外，还应按照道路交通管理有关规定设置交通标志、路面标线、立面标志。电气化铁路的道口应在道路上设置限界架。

5.2.11　道口铺面沿道路方向的铺设长度应延伸至最外侧钢轨外0.5～2.0m；铺面宽度应符合表5.2.11的规定。

表5.2.11　道口铺面宽度(m)

道路种类	城市道路	公路及厂外道路	乡村道路	
			通行机动车	通行非机动车
道口铺面宽度	车行道宽度与人行道宽度之和	路基(面)宽度	3.5～4.5	2.5

5.2.12　道口铺面板应选用坚固耐用且易于翻修的材料。铺面板的计算荷载和验算荷载不应低于该道路的设计标准并分别不低于汽车-20级和挂车-100级。

5.2.13　道口范围的道路路面设计标准不得低于该道路路段的路面标准，且在最外侧钢轨外20m范围内不得低于中级路面。

5.2.14　道口轮缘槽宽度应为70～100mm，曲线内股应为90～100mm；轮缘槽深度不得小于45mm，并不大于60mm。

5.2.15　道口铺面范围内不应有钢轨普通接头，不能避免时应将钢轨焊接或冻结。

5.2.16　道口应有通畅的排水设施。

5.2.17　改建既有道口，在困难条件下并有充分依据时，可保留既有道口的平、纵、横断面标准。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用"必须"，反面词采用"严禁"。

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用"应"，反面词采用"不应"或"不得"。

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用"宜"，反面词采用"不宜"；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用"可"。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为"应符合……的规定"或"应按……执行"。

中华人民共和国国家标准

铁 路 线 路 设 计 规 范

GB 50090 - 2006

条 文 说 明

目　　次

1 总　　则

1.0.2　本规范是按照我国铁路网中客货列车共线运行，旅客列车设计行车速度等于或小于 160km/h 的Ⅰ、Ⅱ级铁路，1435mm 标准轨距的常用机车车辆、轨道结构、信联闭设备、标准轨距铁路机车车辆限界和建筑限界、运输性质和运营特点编制的。由于受牵引特性、计算荷载、几何尺寸的限制，故只适用于铁路网中Ⅰ、Ⅱ级标准轨距的铁路设计。对于Ⅲ、Ⅳ级的铁路设计，按照相应规范执行。

我国的铁路网主要由各等级路网干线铁路（包括规划的）和在路网中起联络、辅助作用以及为某一地区或企业服务，具有地方运输性质的铁路等组成。

客货列车共线运行铁路是指线路的主要技术标准必须同时满足客、货两种列车的运输要求，这与“货运专线”和“客运专线”是有显著区别的。

提高列车速度始终是铁路交通运输技术发展的主要目标之一。随着人民生活水平的不断提高和时效观念的增强，旅客对运输快捷、舒适性方面有了更高的要求，货主对货运的经济便利、安全正点、快速及时等方面的要求也越来越高，提高旅客列车速度已成为提高运输质量，适应市场需求的重要内容。铁路科学技术的发展，技术装备水平的提高，为提高列车速度提供了物质基础。我国铁路继广深准高速铁路开通运营后，又建成秦沈客运专线，且主要干线铁路经过五次提速相继开行了快速列车，为提高列车速度积累了设计、施工、运营等方面的实践经验。因此，根据《新建客货共线铁路设计暂行规定》（铁建设[2003]76 号）的要求，将客货列车共线运行铁路的旅客列车最高设计行车速度提高到 160km/h。

1.0.3　铁路运量是随着国民经济的发展逐渐增长的，铁路建筑物

和设备的能力应与运量相适应，以满足国民经济发展对铁路日益增长的运输要求。因此铁路建设既要考虑分阶段加强以节约各期投资，提高经济效益，又要考虑对线下基础设施和不易改、扩建的建筑物和设备按能适应一定时期的运输需求一次建成，以适应长远发展要求，避免频繁改造、增加废弃工程和对运营的干扰。为此，必须明确规定不同建筑物和设备能力的设计年度。

设计年度分期多，可减少建筑物和设备能力的富余量，有效地节约工程投资，但为适应运量的增长，必须频繁改建、扩建，增加施工费用和施工对运营的干扰，影响铁路的正常运输效率。相反，设计年度分期少，必然增加建筑物和设备能力的富余量，增大工程投资，但可减少施工费用和施工与运营的相互干扰，保证铁路的正常运输效率。可见，设计年度划分不宜过多，也不宜过少。

原《铁路线路设计规范》GB 50090—99（以下简称"原规范"）规定设计年度宜分为近、远两期，新建铁路也可分为初、近、远三期，对于近期运量增长缓慢的新建铁路增加了初期设计年度的规定。当时，我国国民经济体制正由社会主义计划经济体制向社会主义市场经济体制过渡，经济增长方式由粗放型向集约型转变，产业结构正处在调整初期，铁路建设投资与运输管理体制也在改革之中，产业结构及布局尚未明朗，国民经济增长幅度不大，部分线路运量增长缓慢，因此对于近期运量增长缓慢的新建铁路增加了初期设计年度也是符合实际的。近几年来，随着国民经济快速增长，对铁路运输需求急剧增加。从实际执行情况看，对于近期运量增长缓慢的新建铁路，由于初、近期运量相差不大，按初、近期运量确定的可逐步改、扩建的建筑物和设备其标准和规模差异较小，但造成铁路运营设施频繁改造，因此，本次规范修订规定设计年度分为近、远两期，取消原规范中初期设计年度的规定。

原规范规定近期为交付运营后第 5 年，远期为交付运营后第 10 年。随着国民经济的快速增长，铁路客、货运量稳步增长，根据统计，1995 年全国铁路客、货发送量分别为 9.57 亿人和 16.6

亿 t,2001 年为 10.52 亿人和 19.26 亿 t,平均年增长率分别为 0.39%和 2.52%。党的十六大提出了全面建设小康社会的发展目标,即再用 20 年左右的时间,使我国国内生产总值比 2000 年再翻两番,因此,从现在起到 2020 年我国国内生产总值必须每年以不低于 7.2%的速度增长。根据经济发展的客观规律和客观需求,必然带来运输需求的快速增长。铁路作为国家的重要基础设施、国民经济的大动脉和大众化交通工具,在我国具有不可替代的特殊地位和重要作用,在全面建设小康社会中必将肩负着提供运力支持、当好先行的重要历史使命;我国是世界第一人口大国,总人口已接近 13 亿人,约占世界人口的 22%。我国的城镇化正在从初级阶段进入加速发展的起步阶段。2002 年底我国城市人口已达到 5.02 亿人,城镇化率 39.1%。根据国家中长期发展规划及有关专家分析,到 2010 年,全国人口接近 14 亿人左右,城镇化率 46%,城镇人口约为 6.6 亿人左右;到 2020 年,全国人口接近 15 亿人左右,城镇化率达到 60%以上,城镇人口约为 9 亿人左右,将有大量农业人口转移到城市,带来客运需求的大幅增长。

据有关部门初步测算至 2007 年全国铁路旅客、货物运输需求将分别达 15 亿人、25 亿 t,年均增长速度分别为 3.4%和 4%;2020 年,我国铁路旅客、货物运输需求将分别达 40 亿人、40 亿 t,年均增长速度分别为 7%和 4%。结合近几年铁路建设经验,如西康线设计预测运量近期 2005 年为 1245 万 t,远期 2010 年为 1500 万 t,实际开通两年 2002 年已达到 1400 万 t;宝中线设计预测运量近期 2000 年为 1028 万 t,远期 2005 年为 1500 万 t,实际运量 2000 年达到 1499 万 t,2002 年达到 1954 万 t;浙赣复线金华至株洲设计预测运量近期 2000 年为 2670 万 t,远期 2005 年为 3800 万 t,实际运量 2000 年为 3510 万 t,2002 年已达到 3797 万 t;京九线九江至南昌设计预测运量近期 2000 年为 2777 万 t,远期 2005 年为 3817 万 t,实际运量 2000 年为 3487 万 t,2002 年已达到 3553 万 t。因此,如果仍按原规范规定的近期为交付运营后第 5 年,远

期为交付运营后第 10 年作为设计年度，将造成为了适应运量的增长，铁路频繁改建、扩建，不仅增加施工费用和施工对运营的干扰，而且影响铁路的正常运输效率的发挥，不能适应长远发展的要求。借鉴国内、外其他同类交通工程设计规范，如：我国《地铁设计规范》GB 50157—2003 规定，“初期按建成通车后第 3 年要求设计，近期按第 10 年要求设计，远期按第 25 年要求设计”；《公路工程技术标准》JTGB 01—2003 中规定，“高速公路和具干线功能的一级公路的设计交通量应按 20 年预测”；俄罗斯联邦交通部工程技术标准《1520mm 轨距铁路 CTHЦ--01—95》规定，“设计新建铁路、增建第二线、大型车站、机务段、改建既有铁路及其个别建筑物和设施时，应根据可行性研究方案经技术经济比较并结合铁路运输发展规划在自运营之日起 15～20 年计算期范围内，合理选择分期建设方案”。同时，为适应国民经济快速发展的需要，节约投资，避免建成的铁路频繁改造而影响铁路正常运输，提高铁路运输的服务质量，力求达到铁路建设项目综合投资效益最佳，本次规范修订时规定铁路的设计年度近期为交付运营后第 10 年，远期为交付运营后第 20 年。

为使铁路建筑物和设备能力落实在比较可靠的运量基础上，无论近期和远期，都应采用建立在调查基础上的预测运量。如果勘测设计和施工周期按 5 年计算，近、远期即相当于勘测设计开始后的第 15 年、第 25 年，采用预测运量是可行的。当然，远期预测运量与近期预测运量相比，粗细程度是有差别的。

铁路建设属大型建设工程，铁路建设投资大，建设工期长，为节约近期投资和避免一些后期才使用的设备长期闲置，对于可分期建设的工程和配备的设备，应按运输需求分期实施。但铁路基础设施尤其是线下工程，如线路的平面和纵断面、桥梁、隧道、路基工程等，一旦建成后，若要再提高标准，不仅造成大量的废弃工程，使改扩建工程难度大，工程投资巨大，而且对运营干扰大，影响铁路的运输效益。因此，为体现强本简末、适应长远发展要求的原

则，规范规定对铁路基础设施、建筑物和设备应根据铁路等级、运输性质、改扩建的难易程度等，合理选择采用近期或远期运量作为确定其标准和规模的设计依据。对于铁路的线下基础设施和不易改、扩建的建筑物和设备，规定应按远期运量和运输性质设计，并考虑长远发展要求；对于易改、扩建的建筑物和设备，宜按近期运量和运输性质设计，并预留远期发展条件；随运输需求变化增减的运营设备，可按交付运营后第 3 年或第 5 年的运量进行设计，其中机车、车辆一般按交付运营后第 3 年的运量设计。同时，设计中对相关的配套设备采用同一设计年度。

1.0.4 我国疆域辽阔、地形复杂，人口、资源分布和工农业生产布局不均衡，各地区间经济、文化发展水平差异甚大。不同设计线的经济、文化和国防意义及其在运输系统中的地位和作用不同，运量各异，故有必要将铁路划分为若干等级，有区别地规划各级铁路的运输能力，并制定相应的技术标准和装备类型，以满足不同等级铁路的运输功能需要。

划分铁路等级的因素，各国不尽相同，大体上有货运量（或货运密度、货运强度、输送能力）、旅客列车对数、旅客列车速度、轴重、线路意义（作用、性质）等。我国历次规范基本上是根据客货运量、线路意义来确定的。这是因为修建铁路的主要目的是满足运输需求，将运量作为划分铁路等级的主要因素是理所当然的。

按客货运量划分铁路等级，是当前世界各国广泛采用的分级方法。如美国以年货运密度、每昼夜客车对数以及年车辆发送量将铁路划分为四个等级；英国、法国及日本按年客货通过总重和行车速度将铁路分为若干个等级；俄罗斯联邦交通部工程技术标准《1520mm 轨距铁路 СТНЦ—01—95》规定按线路意义和重车方向运营第 10 年的换算货运量将铁路等级划分为特别繁忙干线、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ五个等级（高速线除外）。

随着国民经济的持续快速发展，为适应在 2020 年前我国全面建设小康社会的要求，铁路把“扩大路网规模，完善路网结构，提高

路网质量”作为今后铁路发展的主攻方向。以货运为主的铁路，提高铁路运输质量的含义主要是提高其货运通过能力；以客运为主的铁路，提高铁路运输质量的含义主要是提高其旅客列车设计行车速度；对于客货共线运行的铁路应两者兼顾。因此，在划分客货列车共线运行铁路等级时，尚应考虑旅客列车设计行车速度。

轴重是确定设计荷载标准的主要依据。目前我国铁路的轴重一般为21～23t，25t轴重的大型低动力货车仅在大秦线等煤运专线投入运营，且数量较少，预计将来会有所发展。但由于我国客货列车共线运行铁路上的车辆运用是全国性的，并非限定在某一区段线路上使用，轴重大小对各级铁路的影响是相同的，故按轴重划分铁路等级意义不大，本规范不考虑。

各级铁路都有一个适度的、经济合理的运输能力范围。如果铁路不分等级，都按最高年客货运量制定技术标准和选定技术装备，对于较低运量的铁路来说，就存在部分能力储备，也就是投资积压。铁路等级划分得越多，能力储备就越小，投资积压越小，经济效益越好。然而，分级过多，级间运量和意义、作用差别不大，以致造成等级难以划准，且随着运量的增长，等级变更频繁；等级划分过少，又会造成投资积压多，经济效益不佳。因此，划分铁路等级的原则应该使设计线的运输能力在满足远期年客货运量或国家要求的年输送能力前提下，既不可因储备过大而造成大量的投资积压，也不致因储备不足而引起频繁的扩能改造。我国建国以来，除1950年规范采用五级划分外，历次规范都采用三级划分。本次修订，采用四级划分。

铁路的等级可以全线一致，也可以按区段确定。线路较长，经行地区的自然、经济条件及运量差别很大时，也可按区段确定等级。但应避免同一条线上等级过多或同一等级的区段长度过短，使线路技术标准频繁变更。

原规范规定远期为交付运营后第10年，铁路等级根据其在铁路网中的作用、性质和远期运量划分。本次规范修订调整了设计

年度，近期为交付运营后第10年，远期为交付运营后第20年，如仍根据其在铁路网中的作用、性质和远期运量来划分铁路等级，则将会使确定的铁路等级偏高，加大建设投资；且远期预测运量受国家产业结构及布局、科学技术水平、各种产业政策等因素的影响较大，预测结果有较多的不确定性，与近期相比粗细程度要差，按远期运量确定的铁路等级，可能会使建设标准偏高，造成投资积压较多。因此，考虑到近期运量准确程度更高，本规范规定，新建和改建铁路（或其区段）的等级，应根据其在铁路网中的作用、性质、旅客列车设计行车速度和近期客货运量确定。

划分各级铁路的临界运量是采用铁道部科学研究院铁建所完成的《铁路等级划分研究》的结论。该研究采用“能力储备系数法”，根据1995年度全国主要区段客货运量和运营长度累计百分比相关统计资料，经过技术经济分析，确定Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级铁路间的年客货运量分界值为20Mt、10Mt和5Mt。为强调线路修建意义和在路网中的作用，本规范规定在路网中起骨干作用的铁路为Ⅰ级，铁路网中起联络、辅助作用的铁路为Ⅱ级，为某一地区或企业服务的铁路，根据客货运量分别定为Ⅲ级或Ⅳ级。

一条铁路线的运量包括客运量和货运量两个方面，为了统一量度标准可以根据旅客列车占用通过能力的系数将客车对数换算为货运量。《铁路主要技术政策》（铁科技[2004]78号）规定：主要干线应逐步实现牵引定数5000t，运煤专线可开行1万t或2万t的重载货物列车，快运货物列车不大于1500t。根据1995年统计资料，我国铁路货物列车平均牵引质量为2600t，与1984年相比，增加600t，相当于每5年增加200t，2001年我国铁路货物列车平均牵引质量为2676t，随着新线建设及货运量的增长，货物列车平均牵引质量还将缓慢上升，若取牵引质量按3000t计算，一对旅客列车相当于年货运量1Mt。

1.0.5 行车速度是铁路运输质量的重要标志之一，关系到铁路的运输能力和机车车辆运用等一系列运营指标，也关系到工程投资、机车车辆购置费、客货在途损失、列车能时消耗、运输成本、投资效

益等一系列经济指标。行车速度受机车功率，机车车辆构造，线路平、纵断面与轨道标准，通信信号设备水平，运输调度，行车组织等一系列因素的制约，也对这些设备标准产生一定影响。最高行车速度是确定线路平面最小曲线半径、缓和曲线长度、夹直线和圆曲线最小长度以及竖曲线半径等标准的主要技术参数，也是确定轨道类型的主要依据之一。因此，行车速度是铁路综合技术指标，是体现铁路技术装备、技术标准、运营管理水平的重要标志，是铁路重大技术政策之一。

1　随着社会主义市场经济的发展，人民物质文化生活水平的提高，时间价值观念的增强，人们对提高列车速度、节约旅行时间的要求日益强烈。同时，铁路面对其他运输方式的激烈竞争，提高行车速度也是谋求自身发展的需要。近十多年来铁路技术装备水平和机车车辆技术的进步也为提高行车速度提供了物质基础。1994 年广深准高速铁路开通运营，1996 年以来，全国主要干线经过多次提速后，相继开行快速列车，运营最高速度已达 140～160km/h，随着秦沈客运专线的建成，通过工程实践，基本掌握了修建 250km/h 铁路的线路、桥涵、路基、轨道等配套技术，试运行速度已超过 200km/h。根据铁道部制定的规划，到 2020 年建成总规模达到 3 万 km 的快速客运网，客货共线铁路的旅客列车最高时速达到 140～200km。主要考虑：第五次提速后旅客列车设计行车速度已达 160km/h，但旅客列车设计行车速度为 200km/h 的线路尚无成熟经验，故本次修订中将I级铁路旅客列车设计行车速度确定为 160km/h。

1)机车构造速度。最高行车速度受机车构造速度的限制。目前我国主型客运机车的构造速度见表 1。

表 1　我国主型客运机车构造速度(km/h)

牵引种类	电　　力			内　　燃		
机车类型	SS_8	SS_9、SS_{7D}、SS_{7E}	SS_{7C}	DF_{11}	DF_{4D}	DF_4、DF_{4B}、DF_{4C}
构造速度	177	160	125	170	145、160	120

显而易见，机车构造速度已具备开行设计行车速度为160km/h旅客列车的条件。

2)车辆构造速度。最高行车速度也受车辆构造速度的限制。我国客车的构造速度见表2。

表2 我国客车构造速度(km/h)

车型	25K型	25G、25B型客车	22型客车
构造速度	160	140、120	120

根据铁道部客车车辆引进和改造计划，新造客车一律达到160km/h以上速度等级，跨局直通客车率先实现160km/h，且在2～3年内重点对6000辆22型客车全部改造完毕，因此，客车开行速度已达到160km/h的条件。

3)上坡道上列车能够实现的速度。根据目前机车功率，在平直道上 DF_{11}、SS_8、SS_9、SS_{7E}、SS_{7D} 可达到160km/h，DF_{4D} 可达160km/h，DF_4、DF_{4B}、DF_{4C} 可达120km/h。随着大功率主变流机组、牵引电机、柴油机电子喷射、控制系统、转向架和制动等技术的引进，上坡道上列车能够实现160km/h及以上的速度。

4)下坡制动限速。旅客列车在下坡道上所能实现的速度受制动装置性能和紧急制动距离的限制。最高速度为120km/h及以上的旅客列车最小制动率为0.61，紧急制动距离800m和最高速度为140km/h、160km/h的旅客列车采用盘型制动装置，紧急制动距离1100m和1400m的条件下，不同下坡道上的旅客列车制动限速见表3。

表3 旅客列车下坡制动限速

制动率	制动距离(m)	坡度(‰)	制动限速(km/h)
0.61	800	4	106
		4～6	106～104
		6～12	104～101
		15	99

续表 3

制动率	制动距离(m)	坡度(‰)	制动限速(km/h)
盘型制动	1100	4	139
		4～6	139～137
		6～12	137～133
		15	130
盘型制动	1400	4	156
		4～6	156～155
		6～12	155～150
		15	148

由于制动装置的改善，Ⅰ级铁路旅客列车的下坡制动限速可实现 160km/h。

5)旅客列车最高行车速度的经济性。旅客列车最高行车速度对经济指标有直接影响。西南交通大学和铁道第一勘察设计院(以下简称“铁一院”)在《各级铁路客货列车设计最高行车速度与速度分段最小长度的研究》中的研究结论表明：客运投资利润率与客运量成正比，铁路等级低时，投资利润下降，故经济有利的最高行车速度随铁路等级降低而减小。计算表明，平均地区的投资利润率：Ⅰ级双线铁路最高行车速度 140km/h 时为 0.27～0.36，Ⅰ级单线铁路和Ⅱ级铁路最高行车速度 120km/h 时分别为 0.20～0.23 和 0.08～0.10；Ⅲ级铁路最高行车速度 100km/h 时为 0.06。随着行车速度的提高，投资利润率明显提高。

6)旅客列车设计行车速度 200km/h 的技术标准有待于运营实践进一步验证后纳入规范。

2 旅客列车设计行车速度的选择原则。设计线的旅客列车设计行车速度应根据运输需求、铁路等级和地形条件等因素，结合线路平、纵断面标准经技术经济比选后合理确定。当设计线的运输需求或地形条件差别不大时，全线应尽量采用同一设计行车速

度，以便于机车运用与运营管理；若采用本条文表1.0.5规定的最高设计行车速度确定线路平面和纵断面相关标准不会引起过多工程量，则设计速度应采用本条规定的最高设计行车速度；若设计线较长，跨越多种地形单元或运输需求变化较大，全线采用该等级铁路最高行车速度将引起较大工程量，则可分路段选定旅客列车设计行车速度。

3 路段旅客列车设计行车速度。

1)分路段选定旅客列车设计行车速度的意义。我国疆域辽阔，地形复杂，且是多山国家，山区占国土总面积的65%以上。特别是西北和西南地区地形尤为复杂，西北地区东部为黄土高原，西部高山重叠，海拔高，属高山高原地貌，已通车或正在设计、施工的数条翻越秦岭、天山、六盘山和祁连山等山脉的线路，正在建设的青藏铁路翻越海拔4600～5100m的青藏高原，高差大、纵坡陡；新疆、青海两省区还有塔里木、准噶尔、柴达木三大内陆盆地，四周高山、丘陵环抱，相对高差大；西南铁路主要由河谷线与越岭线组成，如成昆、黄昆、川黔等线约70%以上属河谷线；我国的东部和南部地区也广泛分布着丘陵和低山丘陵地貌。一条设计线一般跨越多种地形和地貌单元，若要求该线的平、纵断面标准完全满足该等级铁路旅客列车最高行车速度的需求，则可能工程巨大，造成技术和经济指标都极不合理的结果。因此，在设计线的某些段落受平、纵断面条件限制时，为减少大量工程，可分路段采用低于该等级铁路旅客列车最高行车速度的不同设计行车速度标准，这个设计行车速度标准即为路段旅客列车设计行车速度，简称路段设计速度。

路段设计速度是确定设计路段平、纵断面标准的依据，它直接影响工程投资、运输成本和经济效益。根据铁路等级，按路段地形条件、运输需求与运营条件因地制宜地选定路段设计速度就可使同一路段的平面标准与列车运行速度协调一致，既能保证行车安全又能合理降低工程投资，充分发挥投资效益。

2)影响路段设计速度的主要因素。影响路段旅客列车设计行

车速度的主要因素如下：

①运输需求。

运输性质：客货列车共线运行的线路，因受设置曲线超高的制约，路段旅客列车设计行车速度与货物列车设计行车速度密切相关，故应根据客货列车比例和货物列车速度并考虑长远发展，选定路段设计速度。对于只有货运或以货为主的企业专用铁路，一般线路较短，选用过高的路段设计速度意义不大，应以满足货物运量需求为主要目标，结合地形和运营养护条件选择适当的路段设计速度。

客流密度：客流密度大的线路，为满足客运能力的要求和提高运输质量的需要，宜适当提高路段设计速度；客流密度小的线路，则不宜过多提高路段设计速度，否则将加大工程投资。

根据运输需求，在经济发达地区，旅客时间价值高，且运输市场竞争激烈，铁路为适应市场需要和谋求自身发展，应适当提高路段设计速度。

②地形条件。地形类别会显著影响工程投资和经济效益。平原地区，提高路段速度对工程投资影响不大，应采用较高的路段设计速度；山区坡陡弯急，提高速度的工程代价甚大，路段设计速度不宜过高。

③经济合理。路段设计速度对土建工程投资、机车车辆购置费、旅客在途时间损失费、运输成本、利润、换算年费用和投资利润率等经济指标都有很大影响，路段设计速度除应满足运输需求和技术可行性外，尚应满足经济合理性要求，因此，当运输需求或地形和运营条件有较大差别时，应进行充分的技术经济比较，合理选定路段旅客列车设计行车速度。

3）各级铁路路段设计速度的确定。前述的旅客列车最高设计行车速度，实质上就是各级铁路路段设计速度的上限。

根据西南交通大学和铁道第一勘察设计院对路段设计速度的研究，各项经济指标与路段设计速度有如下关系：

①路段设计速度高时，设计标准高，土建工程投资增大，且地形越困难，土建工程投资增大的数值越大；路段设计速度高时能耗大幅度增加，运输成本增大，坡度越大，成本增大越多。故山区的路段设计速度宜低于平、丘地区。

②路段设计速度越高，运行时分越少，机车车辆购置费减少，但其所占工程费数额的比重小，对路段设计速度选择的影响不大。然而，旅客在途时间损失减少，有一定社会效益，故社会经济发达的平、丘地区，铁路等级高、客运密度大时，路段设计速度宜高。

③铁路等级高，客运密度大，客运收入多，利润增多，投资利润率增大。铁路等级低，客运量少，但投资减少不多，投资利润率减小，故路段设计速度值应随铁路等级的降低而减小。

④路段设计速度不仅影响工程投资，也影响建成后的运输成本。随着路段设计速度降低，虽然可在一定范围内减少工程投资，但运营条件恶化，运输成本相对增加，旅客及货物在途时间长，运输质量下降，运输企业适应市场能力降低，失去了适应长远发展的能力。为使路段设计速度不致过低，本条表 1.0.5 中根据各级铁路的路网意义和运输性质，规定了路段设计速度的取值范围。对于改建既有线和增建第二线工程，受既有线平、纵断面条件限制，路段速度选择不当将造成废弃工程急剧增加，因此规定对改建既有线和增建二线的路段旅客列车设计行车速度，应根据运输需要并结合既有线特征、施工干扰等因素比选确定，在有充分技术经济依据的情况下可不受表 1.0.5 的限制，按《既有线提速技术条件（试行）》（铁科技[2002]76 号）的规定，根据既有线特征选定路段设计速度。

⑤不同路段速度的差值过小会造成设计线路路段速度变化频繁，致使行车速度变化频繁，恶化机车车辆运用指标，加大司机劳动强度，增大能耗，不利于行车安全，而且路段速度的差值过小则节省工程投资也不大，故宜按每差 20km/h 一档

取值；相邻路段旅客列车设计行车速度如果相差太大，将引起列车在较短的时间产生较大的速度变化，增加能耗和运输成本，旅客的舒适性降低，降低了运输质量，因此，相邻不同旅客列车设计行车速度的差值不宜超过 20km/h，并且路段之间应合理过渡和衔接。

4 路段长度。路段长度的选择与沿线地形类别、运输需求和线路平、纵断面条件等因素紧密相关。路段长度不宜过短，否则，会因行车速度频繁变更给运行带来不安全因素，而且会增加列车动能损失，增大能耗和运输成本，还会恶化机车车辆运用指标。路段长度也不宜过长，过长会因线路平面标准不能适应地形条件或运输需要，大量增加工程投资，降低投资效益。故路段长度应与路段设计速度一并根据需要可能经比选确定。

1)一般而言，路段长度因设计速度按地形类别的选定而随之确定。但同一地形类别也可能存在不同的工程条件，在这种情况下，路段长度还应根据工程条件经比选确定。

2)路段长度的确定应考虑沿线运输需求的变化，这主要指沿线车站旅客发送量的变化。例如，我国干线的提速区段和陇海线郑州至宝鸡段扩能可行性研究中，由于线路平、纵断面条件的限制，必须分路段选定提速目标值，路段的划分首先考虑沿线各站的旅客发送量、是否办理旅客列车始发终到作业和各路面的旅客列车对数，旅客发送量大、办理特快列车始发终到作业多的车站和通过特快列车对数多的段落是路段划分的主要因素。

3)路段长度应结合线路纵断面条件合理确定，并考虑长远发展的要求。

4)平原地区路段长度的确定宜与机车交路相协调。由于平原地区地形平坦，工程简易，有条件在较长的路段内选择较高的设计速度。例如，铁道第一、四勘察设计院对 4 条平原地区铁路的定线研究表明，在线路全长范围内，合理加大曲线半径，对工程影响甚少，一般有条件与机车交路相配合。

5）虽然设计线较长时可能跨越多种地貌单元，但地形条件仍然千差万别，所以，存在一个受列车加减速距离限制的路段最小长度。

设 v_1、v_2 为相邻两路段的设计速度，且 $v_2 > v_1$，则路段最小长度是指由 v_1 加速至 v_2，与 v_2 减速至 v_1 所需加减速距离之和。加减速应在 v_2 路段内实施，以避免 v_1 路段内列车超速行驶。

一般情况下，加减速距离可根据两相邻路段的速度 v_1、v_2 计算确定。考虑到两相邻路段之一有可能与停车站邻接，或者由于特殊原因导致列车在某路段上停车，此时加减速距离将为由 $v_1=0$ 加速至 v_2 与 v_2 减速至 $v_1=0$ 的加减速距离之和，属最不利情况。设计线合理的路段最小长度还应考虑保证列车在路段上保持路段设计速度运行一段时间的合理距离。合理距离是保证旅客列车在路段内的平均运行速度达到一定的值，以达到有效缩短旅客在途时间，提高机车车辆运用指标的目的，该值约为路段最高设计行车速度的 0.75～0.85。根据上述基础计算，合理的路段最小长度约为加减速距离之和的 2.5 倍。故路段最小长度可据此条件计算。计算结果见表 4。

表 4　满足加减速距离要求的路段最小长度

项　　目	双线铁路			单线铁路		
路段设计速度（km/h）	160	140	120	120	100	≥80
路段最小长度（km）	46	37	34	32	23	15

旅客列车由高速路段进入较低路段时，列车要减速，再进入高速路段时又要加速，减速时列车损失动能，加速时列车又要增加动能。限坡为 6‰时，一对旅客列车一次减加速增加的年运营费和折合的工程费见表 5。显而易见，加减速动能损失折合工程费甚大，当降低工程投资不多时降低路段速度标准，在经济上是不合理的，因此路段长度不宜过短，条件不具备时，路段最小长度应为一个区间长度。

表 5　一对旅客列车一次减加速的年运营费和折合工程费

机车类型	SS_8			DF_{11}			DF_4	
速度间隔(km/h)	140~120	120~100	100~80	140~120	120~100	100~80	120~100	100~80
年运营费(万元/年)	2.22	1.89	1.53	2.50	2.12	1.73	1.24	1.01
折合工程费(万元)	37.0	31.5	25.5	41.7	35.3	28.8	20.7	16.8

注：表中电力、燃料单价按 1996 年价格水平计算；投资效益系数取 0.06。

1.0.6　本条所列的 9 个项目有的是主要技术标准，有的与铁路的输送能力和运输安全密切相关，是铁路建筑物和设备类型、能力和规模设计的基本标准。

本次修订增加了"牵引质量"，取消了"车站分布"，使得主要技术标准更加具体化。

车站分布是与正线数目、限制坡度、牵引种类、机车类型、牵引质量、机车交路、闭塞类型、到发线有效长度等各项技术标准密切相关的综合性指标，在设计中应根据国家要求的年输送能力和确定的铁路等级，通过各项技术标准的综合比选确定。因此车站分布并不是一项单一的技术标准。

主要技术标准除对设计线的工程造价、运输能力、运输效率、运行安全和经济效益有直接影响外，相互之间也存在密切联系。应根据国家要求的年输送能力和确定的铁路等级在设计中综合考虑，经过技术经济比选确定，以保证技术上先进、经济上合理、标准间协调。

1.0.7　随着国民经济的发展，铁路运输量日益增长，有的新建铁路，单线不能满足输送能力的要求，需一次建成双线铁路或按双线铁路设计。在新建铁路中已有不少一次修建双线和按双线设计的实例，如侯月线、西安南京线、京九线京商段均按一次修建双线设计，宝中线、西安安康线、邯济线、大准线等均按预留双线设计。故本次修订中保留了原规范中双线设计和预留双线的内容，以及一

次修建双线、按双线设计分期实施以及预留双线三种类别的临界运量标准。

新建铁路一般按单线设计，仅在近期运量很大，单线不能满足需要时，才考虑一次修建双线。远期运量很大或增长幅度较大，宜考虑按双线设计或预留双线。

双线铁路的建设投资比两条平行单线约减 30%，但通过能力较两条平行单线要大的多，旅行速度比单线高 30%，运营费用低 20%。所以当运量超过一条单线的负荷水平时就应考虑采用修建双线的方案。

修建双线或预留双线的临界客货运量，可根据单线铁路的最大通过能力确定。我国《铁路主要技术政策》(铁科技[2004]78号)规定："单线区段平行运行图周期最小按 30min 设计"。运行图周期按 30min，平行运行图通过能力电力牵引为 45 对/d、内燃牵引为 48 对/d，单线区段非平行运行图最大通过能力一般情况下不超过 35 对/d。由于平原、丘陵地区和山区采用的最大坡度不同，牵引质量不同，最大输送能力差别较大。最大通过能力为 35 对/d，单线铁路的最大输送能力见表 6。

表 6　单线铁路最大输送能力

项　　目		平原、丘陵区		山　　区	
客货行车量(对/d)		35		35	
牵引质量(t)		4000	3500	3500	3000
客车 10 对时	普通货物列车(对/d)	25	25	25	25
	年输送能力(Mt)	24.6	21.6	21.6	18.5
	折算客货年输送能力(Mt)	34.6	31.6	31.6	28.5
客车 5 对时	普通货物列车(对/d)	30	30	30	30
	年输送能力(Mt)	29.6	25.9	25.9	22.2
	折算客货年输送能力(Mt)	34.6	30.9	30.9	27.2

注：电力牵引足坡站间距离按 10.5km 计算，内燃牵引足坡站间距离按 8.5km 计算。

从表 7 可以看出，当每天客货行车量为 35 对时，平原、丘陵地区单线铁路最大输送能力为 31～35Mt/年，山区单线铁路最大输送能力为 27～32Mt/年。近年来，铁道第一、三勘察设计院设计的双线和预留双线路网铁路的运量见表 7。

表 7　部分已设计的双线和预留双线铁路近、远期客货运量

线名	地形类别	牵引质量（t）		货运量（Mt/年）		客车对数（对/d）		客货运量（Mt/年）		正线数目
		近期	远期	近期	远期	近期	远期	近期	远期	
宝中线	山区	4000	4000	12	25	2	4	14	29	单线，预留双线
侯月线	山区	3500	3900	20	36	2	4	22	40	双线
西安安康线	山区	4000	4000	15	19	8	8	23	27	单线，预留双线
西安南京线	山区、平丘	4000	4000	22	46	10	23	32	69	双线，一次修建
神朔线	山区	5800	6000	31	62	1	2	32	64	双线，一次修建
朔黄线	平丘、山区			69	100	2	2	71	102	双线，一次修建
京九线京商段	平丘			55	75	12	16	67	91	双线，一次修建
邯济线	平丘			18.9	27.5	2	4	20.9	31.5	单线，预留双线
大准线	山区			15	21	1	2	16	23	单线，预留双线

比较表 6 和表 7 可知，分析计算的单线最大输送能力与工程设计实例是一致的。

根据国民经济的发展及铁路技术装备水平的提高，结合设计年度的修订，对原规范条文加以修订。

1.0.8 牵引种类的选择应着重从以下几个方面考虑：

1 根据国家铁路网和牵引动力规划进行选择。我国各地区的自然条件和动力资源分布差距较大，不同的牵引种类适用于不同的地区条件。因此，国家铁路网的牵引动力应结合国家对区域的牵引动力规划进行选择。有条件时，在同一区域内的牵引种类应尽量统一，以利于机车检修，并可灵活地调配运用机车。在较长干线上，可根据通过地区的不同条件，合理选择牵引种类。较短支线的牵引种类是否与相邻干线一致，也要具体分析，因地制宜，不宜强求一律。

2 根据牵引种类的性能和线路的具体条件选择。电力牵引具有牵引力大、起动加速快、制动性能好的特点，对增加列车质量、加大行车密度、提高行车速度、扩大运输能力具有很大的适应性，还有环境污染小，热效率高，节省能源等优点。故在运量大的主要干线、长大坡道或隧道毗连的线路上应优先采用电力牵引。

1.0.9 20世纪80年代以来，我国机车工业有了很大发展，蒸汽机车已停产，我国已自行研制开发了用于客运专线的电力内燃动车组，大功率电力、内燃机车也发展迅速，已形成了4轴、6轴、8轴、12轴系列机车，客、货运机车轴功率电力分别达到900kW和800kW，内燃分别达613kW和532kW，机车的牵引性能和动力制动性能大大提高。机车工业的技术进步，为在铁路设计中灵活选择机车类型，以适应线路平、纵断面技术标准，提高列车质量、密度和速度并实现三者的优化组配，满足不同的运输需求，实现铁路主要技术标准的综合优化和移动设备与固定设备合理配套的设计决策思想奠定了坚实的物质基础。

1 机车类型选择应考虑的主要因素。

1)牵引种类。不同的牵引种类有其不同的机车类型系列，机车的技术参数也不同，所产生的技术经济效果也不同。我国电力与内燃部分主型机车的技术参数如表8及表9所示。

表 8　我国自行研制的电力与内燃动车组主要技术参数

机型	电力动车组		内燃动车组	
	DJJ1 蓝箭	中原之星		
轴式	Bo-Bo	2(Bo-Bo-2-2-Bo-Bo 2 2 Bo-Bo-2-2-Bo-Bo)	Co-Co	Co-Co
车轮直径(mm)	1050		1050	1050
机车整备质量(t)	78	动力分散	135	135
轴荷重(t)	19.5	17	22.5	22.5
持续速度(km/h)	108	85	87.3	75.6
最高速度(km/h)	230	160	160	160
起动牵引力(kN)	211	430	331	331
持续牵引力(kN)	164	270	204	204

表 9　我国电力与内燃部分主型机车的主要技术参数

牵引种类	机车类型	用途	轴式	轴距(m)	功率(kW)	持续速度(km/h)	最高速度(km/h)	持续牵引力(kN)	起动牵引力(kN)
电力	SS_1	客货	Co-Co	4.60	3780	43	90	301.1	487.4
	SS_3	客货	Co-Co	2.3+2.0	4350	48	100	317.5	490
	SS_4	货	2(Bo-Bo)	3.00	6400	51.5	100	436.5	628
	SS_{4B}	货	2(Bo-Bo)	2.90	6400	50	100	449.3	628
	SS_{6B}	客货	Co-Co	2.3+2.0	4800	50	100	337.5	485
	SS_7	客货	Bo-Bo-Bo	2.88	4800	48	100	351	485
	SS_{7C} (140)	客	Bo-Bo-Bo	2.88	4800	76	125	220	310
	SS_{7D} (160)	客	Bo-Bo-Bo	2.88	4800	96	160	171	245
	SS_8	客	Bo-Bo	2.90	3600	99	177	124.4	190
内燃	DF_4	客 货	Co-Co	1.8+1.8	2426	26.3 21.9	120 100	302	362.4 434.9
	DF_{4B}	客 货	Co-Co	1.8+1.8	2426	28.5 21.6	120 100	243 324	327.5 435.0
	DF_{4C}	客 货	Co-Co	1.8+1.8	2650	31.5 24.5	120 100	234 301.5	331 442.2
	DF_{4D}	客 货	Co-Co	1.8+1.8	2425	39 24.5	145 100	214.8 341.1	302.6 442.2
	DF_8	货	Co-Co	1.8+1.8	2720	31.2	100	307.3	442.2
	DF_{8B}	货	Co-Co	1.8+1.8	3100	31.1	100	340	480
	DF_{11}	客	Co-Co	2.0+2.0	3040	65.5	170	160	253

2)运输需求。机车类型对牵引定数、运输能力和行车速度有直接影响。因此,机车类型的选择应考虑设计线的运量、行车速度及邻接线路的牵引定数等运输需求的影响。客运机车类型的选择则应以机车功率与构造速度满足设计线的旅客列车最高行车速度的要求为主。

3)线路平、纵断面技术标准。在要求一定的运输能力时,不同类型机车所能适应的限制坡度、到发线有效长度和站间距离是不同的,经济效果也是不同的;反之,当限制坡度、到发线有效长度和站间距离一定时,不同类型机车所能达到的运输能力是不同的,其经济效果也不同。因此,当要求一定运输能力时,可采用主要技术标准的综合优化方法寻求与线路主要技术标准协调配套,且具有最佳技术经济效果的机车类型。

4)机车类型的选择应考虑机车轴式与线路平面圆曲线半径的协调。二轴转向架的曲线通过性能优于三轴转向架。二轴转向架轴距小,转向架的质量及转动惯量小,通过曲线时车轮与曲线的冲角也较小;加上 Bo-Bo 轴式机车转向架间的距离小,转向架与车体夹角小,转向架的回转阻力较小。同时,由于四轴机车车体与转向架的质量均低于六轴车,而且 Bo-Bo 轴式机车的全部转向架均参与平衡车体及转向架的未平衡离心力,需由轮缘承受的机车未平衡离心力也较小。因此,采用二轴转向架的 Bo-Bo 轴式的四轴机车的轮缘力、脱轨系数、轮轨磨耗系数和对轨排的横向作用力均大大小于六轴机车。运营实践表明,其曲线通过性能较原有 Co-Co 六轴机车有较大提高。

5)机车类型的选择应充分考虑科学技术进步和我国《铁路主要技术政策》中明确的机车工业的发展方向,以动态的思想和发展观点,寻求利用现代科学技术经济有效地实现固定设备与移动设备协调配套的最佳途径。

2 机车类型选择的技术经济效果。根据西南交通大学和铁一院的研究结果,表 10～表 12 列出了我国铁路电力与内燃牵引部分常用(主型)货运机车在不同的运输能力要求和限制坡度下的技术经济效果。表中的设计输送能力中含 5 对/d 旅客列车。

表 10　不同限制坡度时各种机车类型的技术经济效果

限制坡度（‰）	牵引种类	机车类型	足坡站间距离（km）	牵引质量（t）	到发线有效长度（m）	设计平图能力（对/d）	设计输送能力（Mt/年）	区间平均速度（km/h）	换算工程运营费[万元/(km·年)]
4.0	电力	SS_1	14.0	5000	1050	32.5	25.7	48.7	225.17
		SS_3	15.0	5000	1050	32.5	25.7	52.2	219.38
		SS_7	15.5	5000	1050	32.5	25.7	53.9	217.10
		SS_4	17.5	5000	1050	32.0	25.2	60.0	212.13
	内燃	DF_4	10.5	5000	1050	32.0	25.2	34.5	241.00
		DF_{4B}	11.0	5000	1050	32.0	25.2	36.2	235.35
		DF_{4C}	11.5	5000	1050	32.0	25.2	37.3	232.53
		DF_8	13.0	5000	1050	32.0	25.2	42.7	224.17
6.0	电力	SS_1	11.5	3900	850	38.0	25.2	48.4	273.35
		SS_3	12.5	4100	850	36.5	25.1	50.8	268.66
		SS_7	13.5	4250	1050	35.5	25.0	52.3	262.95
		SS_4	16.0	5000	1050	32.0	25.2	54.8	262.53
	内燃	DF_4	8.5	4050	850	37.0	25.3	32.9	288.82
		DF_{4B}	9.0	4250	850	36.0	25.4	33.7	284.28
		DF_{4C}	9.0	4050	850	38.0	26.0	36.0	282.83
		DF_8	10.5	4050	850	37.5	25.6	41.3	275.33
9.0	电力	SS_3	9.0	2900	650	47.0	25.0	50.2	408.60
		SS_7	9.5	3150	750	45.5	25.9	50.7	401.94
		SS_4	12.0	3750	850	39.5	25.5	53.3	392.82
	内燃	DF_{4B}	6.5	2950	650	47.0	25.4	33.9	439.27
		DF_8	7.5	2850	650	48.5	25.5	40.9	439.15

表 10 表明，在一定的运输需求和确定的限制坡度条件下，优先选用大功率机车更为经济，这是因为采用大功率机车可以大幅度提高牵引质量，减少货物列车对数，增大站间距离，减少车站数量，从而大量节省工程投资。因此，机车类型的选择应与车站分布相结合。

表 11　各型机车能适应的限制坡度及技术经济效果

牵引种类	机车类型	限制坡度(‰)	足坡站间距离(km)	牵引质量(t)	到发线有效长度(m)	设计平图能力(对/d)	设计输送能力(Mt/年)	区间平均速度(km/h)	换算工程运营费[万元/(km·年)]
电力	SS_4	5.2	10.5	4500	1050	40.0	30.1	47.5	294.43
	SS_3	6.0	10.0	4050	850	43.5	30.3	50.0	292.89
	SS_7	7.0	10.0	4050	850	43.5	30.3	50.0	295.11
	SS_4	9.0	10.0	3950	850	45.0	30.8	52.2	307.20
内燃	DF_4	6.0	10.5	4100	850	30.5	20.1	32.3	262.30
	DF_{4B}	7.0	10.0	3700	750	33.0	20.7	33.8	262.13
	DF_{4C}	7.0	10.5	3550	750	33.5	20.4	36.0	259.95
	DF_8	9.0	10.0	2850	650	39.0	20.3	41.4	268.09

表 12 显示，在一定的运输需求条件下，采用大功率机车能够适应较大的坡度。当地面自然纵坡较大时，采用大功率机车能够使最大坡度与地形条件相适应，减少大量土建工程。

表 12　在一定的最大坡度条件下采用不同机车的技术经济效果

最大坡度(‰)	牵引种类	机车类型	机车台数	足坡站间距离(km)	牵引质量(t)	到发线有效长度(m)	设计平图能力(对/d)	设计输送能力(Mt/年)	区间平均速度(km/h)	换算工程运营费[万元/(km·年)]
16.5	电力	SS_4	单机	9.0	2250	650	48.0	21.0	51.4	402.92
		SS_1	双机	11.5	3000	650	37.5	20.3	47.6	387.44
		SS_3	双机	12.5	3100	650	36.5	20.2	50.9	381.24
		SS_7	双机	14.0	3600	750	33.0	20.3	50.2	373.34
		SS_4	双机	17.0	4350	850	29.0	20.1	52.3	369.78
20.0		SS_7	双机	9.0	2950	650	46.5	25.1	49.1	433.13
		SS_4	双机	11.0	3600	750	40.5	25.4	50.8	429.53
		SS_1	三机	10.5	3600	750	40.0	25.1	47.5	435.00
		SS_3	三机	12.0	3850	850	38.0	25.0	50.5	422.83
		SS_7	三机	13.0	4400	1050	35.0	25.3	49.5	422.50

续表 12

最大坡度(‰)	牵引种类	机车类型	机车台数	足坡站间距离(km)	牵引质量(t)	到发线有效长度(m)	设计平图能力(对/d)	设计输送能力(Mt/年)	区间平均速度(km/h)	换算工程运营费[万元/(km·年)]
12.5	内燃	DF_8	单机	11.0	2100	650	36.0	15.1	41.3	370.49
		DF_4	双机	13.5	3250	650	26.5	15.0	36.9	359.50
		DF_{4B}	双机	14.5	3800	750	25.0	15.0	35.9	357.64
		DF_{4C}	双机	15.5	4000	850	24.0	15.1	36.1	358.10
		DF_8	双机	17.5	4100	850	24.5	15.7	41.6	351.29
25.0		DF_8	双机	9.0	2000	650	38.0	15.4	42.5	411.31
		DF_4	三机	10.0	2900	650	29.0	15.1	33.3	408.40
		DF_{4B}	三机	10.5	3050	650	28.5	15.3	34.4	397.23
		DF_{4C}	三机	11.0	2950	650	29.0	15.3	36.2	395.63
		DF_8	三机	12.5	3000	650	29.0	15.4	40.8	388.63

计算表明,在适应地形最大坡度的条件下,机车类型的选择表现为一定运输需求对机车功率的要求,因此,在选型时应根据最大坡度进行各种机型单机或多机牵引方案的技术经济比选,以确定合理的机车类型。表 12 给出了这种比选的例证。

1.0.10 货物列车的牵引质量与机车类型、限制坡度、车站到发线有效长度等铁路主要技术指标密切相关,直接影响铁路输送能力,并对工程投资、运营成本、运输效率等技术经济指标有很大影响,是铁路主要技术标准之一。影响牵引质量的主要因素有:

1 运输需求。运量大的铁路应采用较大的牵引质量,以减少列车对数,提高运输能力,充分发挥铁路设备的效率,取得较好的经济效益。

2 与邻接线路牵引质量相协调。与邻接线路牵引质量相协调,可减少换重作业,加速机车车辆周转,降低运输成本,提高运输效率,并可减少货物在途时间,提高运输质量,为远程大宗货物直达运输创造条件。

牵引质量应结合列车的速度、密度、重量合理组配，经技术比选后确定。

1.0.11 本条与原规范相比，将“机车交路宜采用长交路”改为“机车交路应采用长交路”。这是根据全面调整铁路生产力布局，提高铁路经济效益和现代化水平的要求而进行修订的。近年来，铁路对生产力布局进行了一定程度的调整，但总的来看，生产力布局尚未从根本上改变。资源配置观念陈旧，重复建设，大而全、小而全低效浪费现象严重；机车车辆检修和运用布局分散，难以实现集约化经营；编组站设置不合理，对运输效率形成制约；设备修程修制落后，导致运营成本增加；以上现象已严重制约了铁路的发展。发达国家铁路在运输生产力布局方面有一些做法值得我们借鉴，如在机车运用方面，实行长交路、轮乘制。目前全路跨局客运机车交路约300km，直通货运机车交路约250km，造成机车动力的浪费。为提高运输效率，结合机务布局调整、生产力布局优化，应大力推行机车长交路。机务段的设置向集中化、规模化的方向发展，主要列检所保证区段要达到500km，编组站、区段站进行布局调整，最大限度地减少车流改编次数，尽量减少区段站数量。客运机车交路一般为500～1000km，货运机车交路一般为350～500km。

机车交路设计，包括交路类型、机车运转方式和乘务制度的选定。机车交路类型按牵引任务可分为客机交路、货机交路、补机交路和小运转交路等；按牵引区段长度可分为长交路和短交路。机车运转方式有肩回运转制、循环运转制、半循环运转制和循回运转制。乘务制度有包乘制和轮乘制等。

影响交路设计的因素比较多，主要有牵引种类和机车类型，车流特点，编组站和区段站的分布及机务检修设备的配置，相邻线路运营情况，地形条件，机车乘务方式、乘务员劳动时间及工作、生活条件等。机车交路与区段站的布置，机车和车辆的周转时间，客货列车旅行速度等密切相关，直接影响铁路的运输效率和经济效益，设计时需注意：

1 机车交路既要与相邻线配合,又要考虑路网规划,预留将来的发展,结合生产力布局调整,尽量减少机务段数量,以加速机车车辆周转,充分利用既有设备。

2 机务段的设置位置以靠近主要车流集散地为宜。当区段内货流到发比较分散时,应结合交路距离,空重车流方向,尽量将机务段选择在装卸量较集中的点上。

3 机车交路设计中要贯彻长交路、轮乘制的原则,并对机车乘务人员连续工作时间和休息时间做合理的安排。

机车交路的选择,可根据各方案的优缺点和各项技术经济指标,结合运营和地方单位意见经综合分析比较确定。

1.0.12 铁路运输业的产品是人公里和吨公里,这些产品是不可储存的。对于不同时期,不同地区的运输需要,铁路运输业是无法用调拨储存产品的办法来调节的。铁路运输不能储存产品,只能储存产品的生产能力——运输能力。由于这种储存的不可移动性,所以各条铁路都要分别储备一定的运输能力。铁路的储备能力主要是满足临时性军事运输、专列运输和其他特种运输的需要;满足应付自然灾害、行车事故、列车绕行的需要;满足铁路设备维修的需要以及调整运输秩序的需要等。铁路的设备维修除安排一定的“天窗”时间外,也可占用部分储备能力。

根据铁路运营实践经验,规定单线铁路的储备能力采用20%,双线铁路采用15%。

由于国民经济各部门生产与消费的不均衡性,农业生产的季节性,工业企业的投产、转产、检修,各运输工具因运力和运输规律不同而产生的不协调等都使货运量产生波动;节假日旅客运输骤增使客运量产生波动。铁路运输的实践表明,运量的波动性是客观存在的,只有大小之分,没有有无之别,绝对均衡运输的铁路是没有的。在计划经济条件下就已如此,在市场经济条件下将更加明显。

运量波动统计证明,年间波动、月间波动、日间波动各不相同

而且差别较大。铁路的输送能力通常是以年为单位计量的，即年输送能力。因而铁路设计计算运输能力时只考虑一年内最大月的波动量，不考虑各年之间最大年的波动量，也不考虑各日间最大日均波动量。

运量波动性的计算方法是引入运量波动系数，将运量波动系数定义为一年内最大月运量与全年平均月运量之比值。

1.0.13 货物列车到发线有效长度直接影响货物列车的牵引质量，从而影响列车对数、运能和运行指标，并对工程投资、运输成本等经济指标有较大影响，当安全停车附加距离不足时，还会影响行车安全，所以它是铁路的主要技术指标之一。

1 影响到发线有效长度的主要因素：

1）运输需求。运输需求主要指运能要求，当列车对数一定时，运能要求大的线路牵引质量大，列车长度长，故到发线有效长度长。运输需求一般与铁路等级相关，铁路等级高的线路运能要求大。

2）列车长度。列车长度包括机车长度与车列长度，与下列因素有关：

①机车类型：大功率机车牵引力大，牵引质量大，故列车长度长，到发线有效长度长。

②车辆类型：大型货车每延米列车质量大，牵引质量一定时，列车长度和到发线有效长度较短。建国初期，小型、杂型车辆多，每延米列车质量为4t/m，1991年增大到5t/m，2000年增大到5.7t/m，目前C_{62A}和C_{61}型货车每延米列车质量已分别达到6.1t/m和7.0t/m，煤运专线运营的25t轴重C_{80}型货车已达到8.3t/m。

③限制坡度（或加长牵引坡度）：机型一定时，限制坡度大则牵引质量小，列车长度和到发线有效长度短。

④空车率：牵引质量一定时，空车率大则列车长度和到发线有效长度长。

3）安全停车附加距离。安全停车附加距离大时到发线有效长

度长。但安全停车附加距离与牵引质量有关。目前的安全停车附加距离采用30m，这是根据过去平均牵引质量确定的，现在平均牵引质量比过去有较大提高，列车动能增大，现场反映30m已经偏小，甚至有一度停车再起动停车的情况，故今后有增大的趋势。

4)邻接线路到发线有效长度。如与邻接线路到发线有效长度协调，可减少换重作业和停留时分，减少货物在途时间和相关费用，为远程大宗货物直达运输创造条件。

5)经济合理性。运量一定时，到发线有效长度长，增大了每个车站的工程投资，也会增加车辆集结时间及其费用；但因牵引质量大，可减少列车对数和车站数量，提高旅行速度和运营效率。到发线有效长度过短，虽可减少每个车站的工程投资，但因增加了列车对数和车站数量，所以降低了旅行速度，增大了货物在途延滞损失费并降低了运营指标。

故本条规定：货物列车到发线有效长度应根据运输需求，货物列车长度，安全停车附加距离确定，且宜与邻接线路的货物列车到发线有效长度相协调。

2 货物列车到发线有效长度系列。货物列车到发线有效长度采用现行国家标准《铁路车站及枢纽设计规范》GB 50091。但是，到发线有效长度标准虽与铁路等级有一定关系，却不能完全排除在平、丘地区与Ⅰ级铁路邻接且长度较短的Ⅱ级铁路到发线有效长度采用1050m的可能，故本规范未按铁路等级规定到发线有效长度系列。

3 改建既有线和增建第二线货物列车到发线有效长度。改建既有线和增建第二线货物列车到发线有效长度如采用系列标准，需拆铺道岔、增加大量土石方工程或改建桥隧建筑物时，货物列车到发线有效长度可根据计算确定，但应满足停车附加制动距离的要求。

1.0.14 铁路的信号、联锁、闭塞是保证行车安全、提高运营效率和加强通过能力的重要设备。闭塞类型可分为自动闭塞、自动站

间闭塞、半自动闭塞、电气路签闭塞、电话闭塞五种。我国目前电气路签闭塞仅在个别的支线、专用线上使用，主要干线上已不用。电话闭塞是当主要闭塞设备不能使用时的临时闭塞方式。故闭塞方式主要是自动闭塞、自动站间闭塞和半自动闭塞。

自动站间闭塞及半自动闭塞与单线铁路的能力比较适应，投资也较省。单线采用自动闭塞如不采用追踪运行图，则投资较高而增加能力不多，不能发挥自动闭塞的作用；采用追踪运行图要增铺站线，同时又会降低旅行速度、影响机车、车辆周转。因此，一般情况下单线宜采用自动站间闭塞或半自动闭塞。

双线铁路采用自动闭塞，列车可追踪运行，大大提高通过能力，充分发挥双线铁路的效益，因此《铁路主要技术政策》（铁科技[2004]78 号）指出“双线区段，应采用自动闭塞”。但有的双线铁路近期运量较低且增长缓慢，采用半自动闭塞也能满足能力要求时，可采用半自动闭塞，根据需要再过渡到自动闭塞。

本条与原规范相比，增加了旅客列车设计行车速度大于120km/h 路段单、双线铁路闭塞类型的选择。由于列车运行速度高，必须要有先进的信联闭设备保证行车安全。双线区段应采用速差式自动闭塞，列车紧急制动距离应由两个及以上闭塞分区长度保证；单线区段宜采用自动闭塞或自动站间闭塞，采用自动站间闭塞时应设两个接近区段，宜采用机车信号发码和轨道占用检查一体化的轨道电路。

为确保行车安全，避免行车人员办理区间闭塞作业复杂化，有利司机确认信号，防止对信号显示产生混淆和误认，在一个区段内，一般采用同一闭塞类型。

1.0.15 随着旅客列车行车速度提高，对运输的安全性要求更高。旅客列车行车速度提高使得列车紧急制动距离加长，遇到突发事件时，紧急停车避免事故发生的可能性变小，而且发生事故造成的后果也相对较严重，经济损失也较大。因此，为充分体现以人为本的设计理念，确保铁路安全运营，规范规定，旅客列车设计行车速

度120km/h及以上的路段，铁路两侧应设置防护栅栏，以阻止人、畜进入铁路线路，防止人身事故的发生，提高铁路运输的综合效益。

1.0.16 自2005年4月1日起施行的《铁路运输安全保护条例》，对铁路线路安全保护区、铁路线路安全保护标志及警示标志的设置做出了规定，因此，以上安全设施的设置必须符合国家和行业相关标准的规定。

1.0.17 为了避免由于钢轨高度、轨枕及道床厚度的增加，侵入桥梁、隧道和路基等建筑物的限界而导致的改建工程施工困难和运营的干扰大，因此规定，用于计算路基宽度以及桥隧和其他永久性建筑物净空的轨道高度应按远期运量和运营条件确定。

1.0.18 设计电力牵引的铁路采用内燃牵引过渡时，可视过渡年限的长短，本着临时和永久相结合的原则，设计临时或永久性的建筑物和设备。

1.0.19 改建既有线和增建第二线都是在正常运营条件下进行施工的，施工必然干扰运营，如封锁区间中断行车，列车慢行及运输施工材料和机械设备占用线路通过能力等。同时，为了保证运输的安全，在运营线上施工不能按一般的施工程序进行，以免运营与施工相互干扰。因此，为保证运营和施工两方面的效率和安全，在选择加强方案和施工组织方案时，应尽量减少施工与运营的干扰。如改建既有线挖切路基、改建桥涵和隧道时，可采用修建临时便线等措施。增建第二线时，也可先修建第二线，在第二线投入运营后，再进行既有线改建。在既有线通过能力接近饱和时改建既有线或增建第二线，运营和施工的互相干扰尤为严重，通常需减少既有线列车对数、延长施工期限、增加工程费用等。为减少相互干扰，应及早安排施工。

综合以上分析，改建铁路不仅应设计改建的建筑物和设备，还应充分考虑施工的运输的相互干扰，进行指导性过渡工程的施工组织设计，并将过渡工程和施工组织的技术经济内容纳入方案比

选中。

1.0.20 随着国民经济的发展和运量的增长，既有线的输送能力和最高行车速度不能满足要求时，则需要对既有线进行技术改造。如改善信联闭设备、采用新型牵引动力、改用大型机车或加力牵引、延长到发线有效长度、增设车站或线路所、增大曲线半径、减缓最大坡度、修建双线插入段、部分区段双线、增建第二线等。

改建既有线和增建第二线（包括电气化改造，下同），必须根据运量增长情况拟定分期加强措施，以保证初期与远期的改建工程和技术装备能互相配合、充分利用，不致因后期改建造成前期工程的大量废弃。同时，每一期的技术装备都应具有一定的富余能力，富余量过大造成积压投资，过小将使技术装备改建频繁，影响正常运营。因此，改建既有线和增建第二线时，为节约投资，提高经济效益，应充分考虑既有线的标准，凡是可以满足运营要求的既有建筑物和设备，都应充分利用。

1.0.21 现行国家标准《标准轨距铁路机车车辆限界》GB 146.1和《标准轨距铁路建筑限界》GB 146.2是对铁路建筑物和设备、机车车辆几何尺寸的限制。要求铁路一切建筑物和设备在任何情况下均不能侵入建筑接近限界；机车车辆的一切部位在任何情况下均不得超出机车车辆限界，否则将危及行车安全和作业人员的人身安全。故规定铁路建筑物和设备的限界应符合上述现行国家标准的规定。

双层集装箱运输已在美国、加拿大、墨西哥、澳大利亚等国家得到广泛应用。美国铁路在开行双层集装箱运输后，运输成本降低了25%～40%。据有关研究表明，我国铁路发展双层集装箱运输具有较好的经济效益。在运输能力和运输收入方面，双层较单层每列可提高运输能力40%，相应可增加运输收入40%；在综合效益方面，开行双层集装箱列车虽然增加了扩大建筑限界引起的工程投资，但可以释放繁忙干线能力用于其他货物运输，并节省运营成本，据有关研究资料表明，双层集装箱每万吨公里成本较单层

集装箱列车可节省运营成本12%～13%；新建线路考虑双层集装箱运输方案，限界扩大而引起的工程投资增加不多，根据铁道第一勘察设计院在兰新线兰州至武威增建二线设计验证，按照两个四十英尺超高箱运输方案，限界扩大引起的工程投资约占总投资的2.5%。因此，对规划为双层集装箱运输网中的线路，应按照《铁路双层集装箱运输装载限界（暂行）》和《200km/h客货共线铁路双层集装箱运输建筑限界（暂行）》（铁科技函[2004]157号）的要求进行设计。

1.0.22 "坚持以人为本，树立全面、协调、可持续的发展观，促进经济社会和人的全面发展"的科学发展观，是经济、社会和人的全面发展，是经济社会与人口、资源、环境的协调统一。铁路设计应进一步转变观念，牢固树立以人为本、服务运输、服务旅客和客户的理念，按要求配置行车安全、防火防爆、无障碍等设施和设备，同时在各种工程方案和措施的比选中应重视工程与自然环境的协调及实施的方便性。

1.0.23 铁路工程涉及专业多，系统性很强。设计过程中应高度重视各专业间的总体协调，对各专业共用的工程设施，应统筹考虑设计方案及施工工序，避免同一工程的重复施工，同时应充分便于营运管理和养护维修，以降低工程投资和养护费用。

1.0.24 随着现代化、工业化进程的加快，带来许多新的环境问题，而经济发展使人们的生活水平提高，人们对赖以生存的环境要求更高，而我国西部大部分地区自然条件较差，生态环境脆弱，一旦破坏难以恢复。为满足工业生产和人们生活需要，对能源的需求量逐渐增加，而可开发利用的自然资源有限。因此，铁路建设应高度重视环境保护、水土保持和节省能源，同时也应重视防灾和减灾工作，确保铁路建设不致引起新的灾害。

农业是国民经济的基础，土地是不可代替的特殊农业生产资料。节约土地是我国的基本国策，凡有荒地可以利用的，不得占用耕地，凡可以利用劣地的，不得占用良田，尤其不得占用菜地、园

地、精养鱼塘等经济效益高的土地。铁路线路设计应千方百计节约用地，少占农田，便于农田灌溉，防止壅水内涝，并有利于水土保持和引水造田。

1.0.25 随着科学技术的飞速发展，各种新技术、新材料、新设备和新工艺不断涌现，为使铁路工程建设具有先进性和前瞻性，并确保工程项目具有较好的经济效益和社会效益，铁路设计必须依靠科技进步，积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备和新方法，根据铁路运输体制改革和生产力布局调整的需要，系统、经济、合理地确定各种设施的布局和规模，正确处理好一次投入和长期投入、近期投入和远期投入的关系，追求建设项目的系统最优和整体效益最佳。

3 线路的平面和纵断面

3.1 平　　面

3.1.1 本规范适用于铁路网中旅客列车行车设计速度等于或小于160km/h客货列车共线运行的Ⅰ、Ⅱ级标准轨距铁路，故在原规范的半径系列基础上增列了12000m的半径。并规定了有条件时不同旅客列车行车速度的路段和线路平面曲线半径的合理取值范围。

1 曲线半径的选用原则。

曲线半径不仅影响行车安全、旅客乘坐舒适等行车质量指标，而且影响行车速度、运行时间等技术指标和工程费、运营费等经济指标。

1)曲线半径的选用应因地制宜、合理选用，以使曲线半径既能适应地形、地质等条件，减少工程，又能利于养护维修，满足行车速度要求，做到技术经济合理，一般条件下应优先选用表3.1.1规定范围内的序列值。

曲线半径的选用应与线路纵断面设计配合。如曲线位于平缓坡段、双方向行车速度较高，应采用优先选用半径；如曲线位于停车站的站外引线上，由于行车速度较低，为减少工程，可选用较小半径。

2)在地形困难、工程艰巨地段，小曲线半径宜集中使用，以免列车频繁限速，损失列车动能，增大能量消耗，恶化运营条件。

3)为避免过分强求经济性、节约投资，无限制地使用最小曲线半径而降低旅客舒适度、恶化运营条件，增加养护维修工作量，故应遵循“慎用最小曲线半径”的原则，以期降低最小曲线半径的出现频率。

4）为进一步提高铁路服务质量，增加旅客列车舒适度，降低钢轨磨耗，减少养护维修的工作量，节省运营成本，使线路运营条件更加优化；同时考虑到今后我国铁路技术装备水平的逐步提高，线下基础设施应预留长远的发展条件。本次修订参考国外有关资料，适当减小过、欠超高允许值，由此得到了表3.1.1所规定的优先选用曲线半径数值。优先采用的半径依据公式（2）及表13所列参数确定。

表13　线路平面曲线半径取值范围及计算参数表

路段设计速度（km/h）		160	140	120	100	80
货车设计速度（km/h）		90	80	70	60	50
H_{max}（mm）		150	150	150	150	150
H_{qy}（mm）	一般	30	30	30	30	30
	困难	60	60	60	60	60
H_{gy}（mm）	一般	15	15	15	15	15
	困难	30	25	25	25	25
R_{sj}（m）	一般	4590	3470	2500	1680	1030
	困难	2300	1840	1320	890	550
线路平面曲线半径取值范围（m）		5000～2500	4000～2000	3000～1600	2500～1200	2000～800

注：表中符号R_{sj}为圆曲线半径计算值；其他符号分别见公式（1）、（2）、（3）的注释。

表13中线路平面曲线半径取值范围，为了与最小曲线半径取值有机衔接，进行了适当调整，其“下限”值采用最小曲线半径的“一般”值。

2　曲线半径上、下限的制定。

1）曲线半径上限。

曲线半径大到一定程度，其欠超高和过超高已经很小，不会对舒适度和轮轨磨耗产生明显影响；但曲线半径过大，曲线过长，不利于养护维修。当$R=12000$m时，偏角20°的切线与曲线长度分别达2115m和4188m；20m弦中点正矢为4mm，10m弦中点正矢

仅1.04mm。目前我国配备的轨检车在世界上属于较为先进之列，在经过大于8000m半径的曲线时常会报错，故曲线半径上限应加以限制。

曲线半径上限的确定考虑了利用反向曲线加宽线间距的需要（详细计算见本说明第3.1.9条）。

①设置缓和曲线时，满足圆曲线长度不小于20m的要求（半径等于或小于12000m）；

②不设缓和曲线时，满足本规范表3.1.6规定的圆曲线最小长度的要求（除个别半径大于12000m外，大部分半径小于或等于12000m）；

③不设缓和曲线时，满足欠超高（未被平衡离心加速度）时变率不超过旅客舒适度限度的要求。

根据轨检车的研发专家分析，适当提高检测系统的处理功能，对12000m左右的曲线，其方向和曲率是可以准确检测的；但更大的半径曲线，由于曲率太小，外界干扰信号可能大于测试信号。

根据上述分析，本规范取曲线半径上限为12000m。

2）曲线半径下限。

曲线半径下限应满足Ⅰ、Ⅱ级铁路不同的路段列车设计行车速度下允许采用的最小曲线半径的需要，故本次修订取500m（详见本说明第3.1.2条）。

3.1.2 根据铁一院和西南交通大学完成的铁道部建设司工程建设科研项目《铁路最小圆曲线半径的研究》（铁建科93-4）成果和铁科院完成的铁道部建设司调研项目《客货共线铁路最高时速140km/h、160km/h线路平面和竖曲线标准的研究》报告，依据不同路段旅客列车设计行车速度分别制定了最小曲线半径标准。

1 新建铁路最小曲线半径。

影响最小曲线半径标准的因素大体可分为运输性质、运行安全、地形条件及经济因素等四个方面，与铁路等级之间没有直接的因果关系，所以本次修订取消了原规范表3.1.2所列“铁路等级”

的划分标准一栏。

1)影响最小曲线半径的因素。

①设计线的运输性质。客运专线主要追求旅客舒适度,重载运输线路重视轮轨磨耗均匀(均磨),客货列车共线运行线路则需两者兼顾。根据第1.0.2条规定的本规范适用范围,本条按客货列车共线运行Ⅰ、Ⅱ级铁路确定最小曲线半径标准。

②运行安全。为保证机车车辆在曲线上的运行安全,保证轮轨间的正常接触,车辆上所受的力应保持在安全范围内。最小曲线半径应保证车辆通过曲线的安全性、稳定性及客车平稳性的评价指标,符合现行国家标准《铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范》GB 5599的规定。

保证在曲线上运行的列车不倾覆。列车在曲线上运行时,应保证抗倾覆安全系数达到一定的数值。抗倾覆安全系数与曲线半径、行车速度、曲线超高、风力大小、车辆类型、装载情况与重心高度、振动性能等因素有关,在其他条件一定的情况下,最小曲线半径决定于最小的抗倾覆安全系数。

③地形条件。在保证运营安全的前提下,曲线半径应与沿线的地形条件相适应。山区铁路地形复杂,坡陡弯急,采用较小半径的曲线既可避免破坏山体、影响环境,也可减少工程量、节约投资。

④经济因素。小半径曲线可更大程度地适应地形,从而减少工程及投资,但增大运营支出,在一定的地形条件和运输需求下,存在经济合理的最小曲线半径(经济半径),故应全面权衡得失,经技术经济比选确定最小曲线半径标准。

综上分析,并考虑到运输性质与安全因素已体现在路段旅客列车设计行车速度中,路段旅客列车设计行车速度的选择应满足运输需求,最小曲线半径标准应满足不同路段设计速度的最低要求。故本条规定:线路平面的最小曲线半径应根据运输性质和运输需求、路段列车设计行车速度和工程条件经比选确定。

2)最小曲线半径标准的确定。

①旅客列车最高行车速度要求的最小曲线半径。曲线设置最大超高，且旅客列车以最高行车速度通过曲线时所产生的欠超高不大于允许值时，曲线半径应满足下列不等式：

$$R_k \geqslant 11.8 \frac{V_{max}^2}{h_{max}+h_{qy}} \tag{1}$$

式中 R_k——旅客列车最高行车速度要求的曲线半径(m)；

V_{max}——旅客列车最高行车速度(km/h)，采用路段设计速度，分别取 160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h；

h_{max}——最大超高(mm)，取 150mm；

h_{qy}——允许欠超高(mm)，一般取 70mm，困难取 90mm。

按上式计算的最小曲线半径 R_k 见表 14。

表 14 最小曲线半径及计算参数表

路段设计速度(km/h)		160	140	120	100	80
货车设计速度(km/h)		90	80	70	60	50
H_{max}(mm)		150	150	150	150	150
H_{qy}(mm)	一般	70	70	70	70	70
	困难	90	90	90	90	90
H_{gy}(mm)	一般	30	30	30	30	30
	困难	50	50	50	50	50
R_k(m)	一般	1380	1050	780	540	350
	困难	1260	970	710	500	320
R_{sj}(m)	一般	2070	1560	1120	760	460
	困难	1480	1120	800	540	330
R_a(m)		1220	930	680	510	340
R_{jj}(m)		1600～2000	1200～1600	800～1200	550～800	450～500
R_{min}(m)	一般	2000	1600	1200	800	600
	困难	1600	1200	800	600	500

注：表中符号 R_{jj} 为经济半径、R_{min} 为最小圆曲线半径；其他符号分别见公式(1)、(2)、(3)的注释。

②旅客舒适度与内外轨均磨条件要求的最小曲线半径。在客货共线运行铁路上，最小曲线半径既要满足旅客舒适条件，又要满足内外轨磨耗均匀条件。满足舒适与均磨条件的曲线半径应符合下列不等式：

$$R_{sj} \geqslant 11.8 \frac{V_{max}^2 - V_h^2}{h_{qy} + h_{gy}} \tag{2}$$

式中 R_{sj}——舒适与均磨半径(m)；

V_h——货物列车设计速度(km/h)，与路段设计速度相对应，分别取 90km/h、80km/h、70km/h、60km/h、50km/h；

h_{gy}——允许过超高值(mm)，一般取 30mm、困难取 50mm。

按上式计算的最小曲线半径 R_{sj} 见表 14。

最小曲线半径的取值应根据表 14 满足各项条件的计算值确定。

③保证运行在曲线上的列车具有一定抗倾覆安全系数的最小曲线半径。我国对列车在曲线上运行时的抗倾覆安全系数没有明确规定，参考国外资料，取为 3。保证此条件的曲线半径满足下列不等式：

$$R_a \geqslant \frac{[2n(aS + \Delta\phi h) - hS]V^2}{3.6^2 g[S^2 - 2nS(\Delta\phi \pm W_0 \mu b \pm \epsilon) - 2nah]} \tag{3}$$

或

$$R_a \geqslant \frac{11.8V^2}{h + \frac{S^2}{2na} - h_f - h_z} \tag{4}$$

式中 R_a——抗倾覆安全系数要求的最小曲线半径(m)；

n——抗倾覆安全系数，取 3；

V——行车速度(km/h)；

h——曲线超高(mm)；

S——内外股钢轨中心线距离(mm)，取 1500mm；

g——重力加速度($9.81m/s^2$);

ε——轮对中点与轨距中点的偏距(mm),轮缘贴外轨时取正号;

Δ——簧上部分重心与轮对中点的偏距(mm);

ϕ——簧上部分质量与全部质量之比;

W_0——风力(N/m^2),按七级风计算;

μ——车辆侧面受风面积与车辆重力之比(m^2/N);

a——车辆重心高度(mm);

b——风合力高度(mm);

h_f——风力当量超高(mm);

h_r——车辆横向振动当量超高(mm)。

上述参数根据列车速度、车辆类型、重车等条件,按铁科院1981年1月《时速160km铁路曲线最大允许超高的研究》及1978年10月《车辆静态临界倾覆超高试验报告》中的试验数据限值。

根据式(3)和式(4)计算,不利情况为YZ_{22}型空车向外侧倾覆,其抗倾覆安全最小曲线半径R_s见表14。

计算表明,该安全半径大于按最大风级、安全系数取1时的计算结果。同时仿真验证表明,该抗倾覆安全最小曲线半径可满足安全性、稳定性及保证客车平稳性指标不超限。

④经济最小曲线半径。《铁路最小圆曲线半径的研究》根据铁路主要技术标准综合优化原理,应用系统工程方法,在系统分析的基础上,把影响曲线半径标准的因素作为参变量和设计变量,运用多元统计分析与理论分析方法,建立工程费、运营费与变量间的数学模型,以换算工程运营费最小为评价经济效果的目标函数。以上述安全、舒适、均磨等条件要求的最小曲线半径和其他主要技术标准及运输能力为约束条件,采用混合离散变量的约束优化方法,通过对近千万种不同组合方案的优化计算,获得了经济合理的最小曲线半径及与之相匹配的其他主要技术标准。并由上海铁道大

学对所得经济最小曲线半径标准进行了列车安全性、舒适性的计算机仿真验证，由铁一院对最小曲线半径标准进行了工程经济性试验定线验证，确认了最小曲线半径标准的安全舒适性及工程经济性。各级铁路在不同路段设计速度下的经济最小曲线半径范围R_{jj}见表14，其中上限对应“一般”标准，下限对应“困难”标准并做适当调整。

⑤关于最小曲线半径标准的安全、舒适性的计算机仿真验证。上海铁道大学在《铁路最小圆曲线半径的研究》的分专题《列车在曲线上运行安全性、舒适性的计算机仿真》报告中，应用轮轨动力学和计算机仿真原理，略去车体、转向架及其他部件自身的弹性变形，将机车车辆视为一个离散的多自由度刚体系统，建立了机车车辆动力学模型、机车车辆整车动态曲线通过仿真的数学模型(包括线路模型、钢轨的弹性和阻尼、轮轨接触几何关系、轮轨作用力、运动方程、纵向车对车辆曲线通过性能的影响模型等)及方程的求解模型，根据现行国家标准《铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范》GB 5599 的规定，采用脱轨系数、减载率、横向力和客车平稳性评价指标，对不同机车(SS_3、SS_5、DF_4)、车辆(客车 YZ_{22}、货车 C_{62})以不同的运行速度(客车最高速度140km/h、货车最高速度 90km/h)的制动工况通过位于不同限制坡度(4‰、6‰、12‰、15‰)纵断面的连接的坡道上的各种半径(300m、350m、400m、500m、550m、600m、800m、1200m)的曲线时的安全性、稳定性及客车平稳性进行了大量的计算机仿真计算。仿真计算结果表明，机车车辆在通过曲线时，货车的安全性是影响曲线半径值的主要因素，因而在客货混运的铁路上，在确定满足安全和舒适度要求的最小曲线半径时，可以考核货车的性能为准；纵向力作用对货车影响较大，而对客车和机车的影响较小。以上仿真计算结果表明，本规范所规定的最小曲线半径是可以保证各项安全、舒适指标的。

⑥关于最小曲线半径标准经济性的定线验证。为了验证工程

费数学模型，以确认曲线半径标准的经济性，铁一院选择了具有代表性的三条山区铁路线段，即兰新线打柴沟至武威南段、岢岚瓦塘线和包兰线干塘至兰州段，计长 363km 的线路，采用不同的最小圆曲线半径分别进行定线验证。验证结果见表 15。

表 15　最小曲线半径标准经济的定线验证结果

线　段　别	兰新线打柴沟～武威南段	岢岚瓦塘线	包兰线干塘～兰州
线段全长(km)	78	58	227
最小曲线半径范围(m)	300～500	300～400	300～350
半径每减少 50m 可减少工程费(%)	0.85	1.20	0.80

以上三段线路的定线验证结果表明：山区铁路最小曲线半径在 400～300m 范围内，每减少 50m，可减少工程费 0.8%～1.2%。与《铁路最小圆曲线半径的研究》报告中的敏度分析结果：山区铁路在小半径范围内，半径变化 50m，可使工程费变化 0.71%～1.23%的结论是一致的。从而说明：上述研究所建立的工程费数学模型是可信的，所得最小曲线半径标准的经济性是可靠的。

2　改建既有线或增建第二线时的最小曲线半径。

改建既有线或增建第二线时的最小曲线半径应结合既有线标准比选确定。一般条件下不应小于本条文表 3.1.2 的规定。考虑到既有铁路，尤其是山区既有铁路，曲线半径标准大多较低，若按本条文表 3.1.2 规定改大半径，势必引起大量废弃工程，并严重干扰运营。故规定：困难条件下，如按上述标准改建将引起巨大工程时，可经技术经济比选确定合理的改建方案，以节约工程投资。此时，应根据线路具体情况确定该路段旅客列车设计行车速度。

3.1.3　双线铁路(含新建双线和增建第二线)并行等间距地段的平面曲线，当新建双线设计为同心圆和增建第二线设计为既有线(指经过改建设计校正后的中线)的同心圆时，可保持圆曲线范围内两线线间距相等，从而使工程量和占地最省。故本条规定：双线铁路两线线间距不变的并行地段的平面曲线，宜设计为同心圆。

改建既有线或增建第二线，因受既有线各种条件的限制，往往

需要更零碎的曲线半径，以减少改建工程；新建双线和增建第二线并行等间距地段的平面曲线设计为同心圆也必定会出现零碎的曲线半径。因此规定：双线同心圆和改建既有线的曲线半径可为零数。

3.1.4 对新建铁路设计中采用复曲线予以更严格的限制。

复曲线存在下列缺点：

1 增加勘测设计、施工和养护维修困难。

2 复曲线上曲线阻力不同，在复曲线短距离内变更阻力亦即短时间内改变列车受力情况，降低了列车运行的平稳性。

3 不同半径的曲线产生的离心力不同，外轨超高值不一致，半径变更时，作用在列车上的横向力（或横向加速度）改变，降低了旅客舒适条件，尤其不设中间缓和曲线时更为显著。

近年来，列车质量和行车速度增长较快，为保持列车的平稳性和旅客舒适度，且便于施工和养护维修，大力提高列车质量、积极增加行车密度、努力提高行车速度，大幅度提高铁路的运输能力，争取获得更好的经济效益与社会效益，须对新建铁路设计中采用复曲线予以更加严格的限制，因此规定：新建铁路不应设计复曲线。

新建铁路和既有线改建、增建第二线的单线绕行或双线绕行地段，既无废弃工程，又不受既有线的制约，故应按单曲线设计，不用复曲线。改建既有线或增建第二线时，对个别地点的复曲线也尽可能改建为单曲线。

既有线上的复曲线大都是为了避免或减少路基、桥隧工程及其他建筑物拆迁而设置的，所以，当改建这些复曲线将引起巨大工程或拆迁工程量时，可保留既有的复曲线，但应改善运营条件，如增加中间缓和曲线等，在特殊困难条件下，也可保留原复曲线。

3.1.5 为使列车安全、平顺、舒适地由直线过渡到圆曲线，满足超高和加宽递变的需要，在直线与圆曲线间需设置一定长度的缓和曲线。

本次修订纳入路段设计速度 160km/h 后，按路段设计速度增订了条件许可时缓和曲线长度的标准（条文表 3.1.5-1）。修订了

最小缓和曲线长度标准。“困难”标准是在不降低路段旅客列车设计行车速度的前提下，为设计提供了选用标准的灵活性，有利于节约工程投资。

缓和曲线的线型，一般根据路段行车速度选择。根据本规范规定的旅客列车设计行车速度并考虑发展需求，缓和曲线的线型采用三次抛物线具有线型简单，长度短而实用，便于测设和养护维修的优点，也被国外同类铁路广泛采用，故本规范仍采用超高为直线的顺坡、平面为三次抛物线的缓和曲线。

1 新建铁路缓和曲线长度的计算。

1)确定缓和曲线长度的条件方法。缓和曲线长度应保证列车运行安全，并应满足旅客舒适要求。一般按下列条件与方法计算，取其大者。

①超高顺坡不致使车轮脱轨。满足不使车轮脱轨的缓和曲线长度为：

$$l_1 \geqslant \frac{h}{i} \tag{5}$$

式中 l_1——缓和曲线长度(m)；

h——圆曲线超高(mm)；

i——不使车轮脱轨的临界超高顺坡度(‰)。

②超高时变率不会引起旅客不适。满足此条件的缓和曲线长度为：

$$l_2 \geqslant \frac{hV_{max}}{3.6f} \tag{6}$$

式中 l_2——缓和曲线长度(m)；

V_{max}——通过曲线的最高行车速度(km/h)；

f——旅客舒适容许的超高时变率(mm/s)。

③欠超高(或未被平衡离心加速度)时变率不应使旅客不适。满足此条件的缓和曲线长度为：

$$l_3 \geqslant \frac{h_q V_{max}}{3.6b} \tag{7}$$

式中 l_3——缓和曲线长度(m)；

h_q——旅客列车以最高行车速度通过曲线时的欠超高(mm)；

b——旅客舒适度容许的欠超高时变率(mm/s)。

由于临界超高顺坡率与机车车辆构造和状态、行车速度、钢轨磨耗等众多因素有关，因此需从轮轨动力学角度来确定，甚为复杂，国内外均缺乏系统的研究，大多根据运营实践确定，采用的数也有较大差异。实际上，由式(5)和式(6)可知，超高顺坡率与超高时变率容许值存在如下关系：

$$i=\frac{3.6f}{V_{max}} \tag{8}$$

鉴于按式(8)计算的结果小于我国铁路沿用的2‰。故本规范根据超高时变率按式(8)确定超高顺坡率，计算缓和曲线长度的标准见式(9)：

$$l_0=\max\{l_2,l_3\}=\max\left\{\frac{hV_{max}}{3.6f},\frac{h_qV_{max}}{3.6b}\right\} \tag{9}$$

式中　l_0——缓和曲线长度标准值(m)。

对于超高时变率，一些国家和我国有的部门习惯于以 $f=1/(x\cdot v)$ 来表示，由此得出 x 与 f 的关系式：$f=\frac{1000}{3.6x}$。

通过计算得出 f 和 x 的关系，见表16：

表16　f 和 x 之间的关系表

x		12	11	10	9	8	7
f(mm/s)	计算值	23.15	25.25	27.78	30.86	34.72	39.68
	取整值	23	25	28	31	35	40

由表16看出：f 值取32、28、25分别相当于 $1/9v$、$1/10v$、$1/11v$。

2)缓和曲线长度标准的档次划分。近几年我国铁路运营的调查资料表明，缓和曲线长度过短已成为提高旅客列车行车速度的限制条件之一。本次修订时，纳入设计行车速度160km/h后，依据满足运输需求、路段设计速度以及适应长远发展的要求，对缓和曲线长度标准档次划分予以补充，具体划分方法如下：

①路段行车速度充分体现了因地制宜选择线路平面标准的原则，因此，对于路段设计速度大于或等于 120km/h 的路段，在工程条件许可时，应采用较长的缓和曲线以创造更好的运营条件，制定了缓和曲线长度标准的优先取值。同时考虑工程条件按路段设计速度分别制定了缓和曲线最小长度标准，相同路段速度的各级铁路缓和曲线长度取同一标准。

②考虑与线路其他平面标准相一致，将同一路段速度下的缓和曲线最小长度标准划分为“一般”标准和“困难”标准两档。

③以均能满足路段速度要求的不同曲线超高来分别确定最小缓和曲线长度的“一般”和“困难”标准。

3)缓和曲线超高的确定。曲线超高是确定缓和曲线长度及曲线线间距加宽值等相关平面标准的重要参数。客货列车共线运行线路的曲线超高取决于客货列车通过曲线的速度及最大超高和欠、过超高允许值等参数，这些参数值对平面标准产生重要影响，也影响行车速度、旅客舒适度和钢轨磨耗，甚至影响行车安全。

曲线超高的允许设置范围。当客、货列车速度及曲线半径一定时，从行车安全、旅客舒适和钢轨磨耗均匀考虑，客货列车共线运行铁路的曲线超高设置应满足下列条件：

应不大于最大超高且不小于最小超高，即：

$$h_{\min} \leqslant h \leqslant h_{\max} \tag{10}$$

不大于客车产生的超高且不小于货车产生的超高，即：

$$11.8\frac{V_{\mathrm{H}}^2}{R} \leqslant h \leqslant 11.8\frac{V_{\mathrm{K}}^2}{R} \tag{11}$$

使客车产生的欠超高和货车产生的过超高不超过其相应的允许值，即：

$$11.8\frac{V_{\mathrm{K}}^2}{R} - h_{\mathrm{qy}} \leqslant h \leqslant 11.8\frac{V_{\mathrm{H}}^2}{R} + h_{\mathrm{gy}} \tag{12}$$

保证式(12)能够成立的必要条件是曲线半径应满足下列不等式：

$$R \geqslant 11.8\frac{V_{\mathrm{K}}^2 - V_{\mathrm{H}}^2}{h_{\mathrm{qy}} + h_{\mathrm{gy}}} \tag{13}$$

式中　h——曲线实设超高(mm)；

R——曲线半径(mm)；

V_K——旅客列车行车速度(km/h)；

V_H——货物列车行车速度(km/h)；

h_{qy}——允许欠超高(mm)；

h_{gy}——允许过超高(mm)；

h_{max}——允许的最大超高(mm)；

h_{min}——允许的最小超高(mm)。

由于本规范制定最小曲线半径时已经考虑了满足旅客列车最高行车速度要求和旅客舒适与内外轨磨耗均匀的条件，从而使一定的路段速度和相应的货物列车速度下可采用的曲线半径均能满足式(13)的要求，因此，式(10)、(11)、(12)共同构成了曲线实设超高的取值范围，其大小将决定于允许的最大和最小超高及允许的欠、过超高值。超高的允许设置范围如图1中的阴影部分所示。

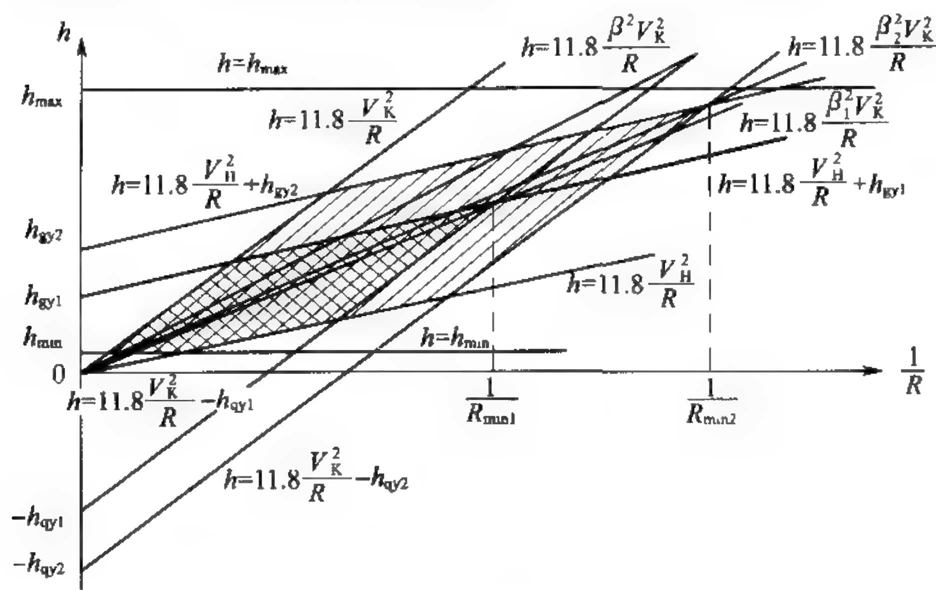


图1　曲线超高允许设置范围示意图

注：$R_{min1}=11.8\dfrac{V_K^2-V_H^2}{h_{qy1}+h_{gy1}}$；$R_{min2}=11.8\dfrac{V_K^2-V_H^2}{h_{qy2}+h_{gy2}}$；

速度系数 $\beta=0.8$；$\beta_1^2=\dfrac{(V_H/V_K)^2h_{qy1}+h_{gy1}}{h_{qy1}+h_{gy1}}$；$\beta_2^2=\dfrac{(V_H/V_K)^2h_{qy2}+h_{gy2}}{h_{qy2}+h_{gy2}}$

4)缓和曲线长度优先值的计算：

①f的建议值。参考《新建时速200km/h客货共线铁路设计暂行规定》(铁建设函[2003]439号),取$f=25$。

②欠、过超高允许值。为进一步提高铁路服务质量,增加旅客列车舒适度,降低钢轨磨耗,减少养护维修的困难,节省运营成本,使线路运营条件更加优化;同时考虑到今后我国铁路技术装备水平的逐步提高,线下基础设施应预留长远的发展条件。本次修订参考国外有关资料及《新建时速200km/h客货共线铁路设计暂行规定》(铁建设函[2003]439号),使列车通过圆曲线时的欠、过超高均维持在一个令人满意的水平上,适当减小过、欠超高允许值,作为计算缓和曲线长度优先值的依据。计算缓和曲线长度优先值的超高参数见表17。

表17 计算缓和曲线长度优先值的超高参数(mm)

最大超高 h_{max}	最小超高 h_{min}	允许欠超高		允许过超高	
		h_{qy1}(一般)	h_{qy2}(困难)	h_{gy1}(一般)	h_{gy2}(困难)
150	5	30	60	15	25

③h值的计算:由公式(6)可知,缓和曲线长度与列车速度及超高计算值的一次方成正比关系,其中超高又与列车速度平方有关。计算h值时可根据客、货列车设计行车速度求得最大、最小超高值。

根据公式(10)、(11)、(12)求得超高值的取值范围,并令：

$$h_1=11.8\frac{V_K^2}{R}-h_{qy},$$

$$h_2=11.8\frac{V_H^2}{R}+h_{gy}$$

取$h=(h_1+h_2)/2$。

④由公式(6)计算的缓和曲线长度取整至10m的整数倍。个

别曲线半径的缓和曲线长度做适当调整，以使得缓和曲线长度表更为协调合理。缓和曲线长度优先值见表18、缓和曲线长度优先值的检算见表19。

表18 缓和曲线长度优先值

路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140	120
曲线半径(m)	12000	40	40	40
	10000	50	40	40
	8000	60	40	40
	7000	70	50	40
	6000	70	50	40
	5000	70	60	40
	4500	70	60	40
	4000	80	60	50
	3500	90	70	50
	3000	100	80	50
	2800	100	90	60
	2500	120	90	60
	2000	150	100	70
	1800	170	120	80
	1600	190	130	90
	1400	—	150	100
	1200	—	190	120
	1000	—	—	140
	800	—	—	180

表 19　缓和曲线长度优先值的检算

路段旅客列车设计行车速度（km/h）		160			140			120		
		超高计算值 h	客车通过曲线的欠超高 h_q	货车通过曲线的过超高 h_g	超高计算值 h	客车通过曲线的欠超高 h_q	货车通过曲线的过超高 h_g	超高计算值 h	客车通过曲线的欠超高 h_q	货车通过曲线的过超高 h_g
曲线半径（m）	12000	25	0	17	25	−6	19	30	−16	25
	10000	30	0	20	25	−2	17	30	−13	24
	8000	35	3	23	25	4	16	30	−9	23
	7000	40	3	26	25	8	14	30	−6	22
	6000	40	10	24	30	9	17	30	−2	20
	5000	40	20	21	40	6	25	30	4	18
	4500	40	27	19	40	11	23	30	8	17
	4000	45	31	21	40	18	21	40	2	26
	3500	50	36	23	45	21	23	40	9	23
	3000	55	46	23	50	27	25	40	17	21
	2800	55	53	21	55	28	28	45	16	24
	2500	70	51	32	55	38	25	45	23	22
	2000	85	66	37	65	51	27	55	30	26
	1800	95	73	42	75	53	33	60	34	28
	1600	105	84	45	85	60	38	70	36	34
	1400	—	—	-	95	70	41	75	46	34
	1200		—	—	120	83	47	90	52	42
	1000	—	—	·	—	—	—	105	65	47
	800	—	—	—	··	—	—	135	87	53

5）最小缓和曲线的计算。

①最小缓和曲线超高的计算。

a.计算原理。由于本规范中确定曲线超高的主要目的是为了制定缓和曲线长度和曲线线间距加宽值等相关平面标准，因此应

充分利用前述的曲线超高允许设置范围，根据需要选定此允许设置范围的上边界和下边界作为计算超高，使据此所制定的有关平面标准能够在一般条件下最大限度地满足因实际需要（如提速、提高旅客舒适度、维修养护需要、提高行车安全性等）而调整实设超高的要求，在困难条件下既能满足工程需要，也能保证行车速度、行车安全和钢轨磨耗均匀等条件。

因此，本规范以超高允许设置范围上边界作为确定缓和曲线长度“一般困难”标准的超高或计算曲线线间距加宽值时的外侧线超高，下边界则作为相应的“特殊困难”标准或内侧线超高。同时，以介于上界与下界之间且能使欠、过超高均能达到一个比较合理水平的某种超高作为检算平面标准（缓和曲线长度）合理性的计算超高。

这种动态的思路和计算方法，使据此制定的相关平面标准更加合理，物理意义更明确，也给运营部门在使用中提供了很大的灵活性。

b. 计算公式。综上分析，并结合式（10）～（13）和图1，可得超高（上、下界和检算用的中间值）的计算公式如下：

当 $R \geqslant R_{\min 1}=11.8\dfrac{V_{K}^{2}-V_{H}^{2}}{h_{qy1}+h_{gy1}}$ 时，

上界为：

$$h_{\sup}=\max\left\{\min\left[11.8\frac{V_{H}^{2}}{R}+h_{gy1},11.8\frac{V_{K}^{2}}{R},h_{\max}\right],h_{\min}\right\} \quad (14)$$

下界为：

$$h_{\inf}=\min\left\{\max\left[11.8\frac{V_{K}^{2}}{R}-h_{qy1},11.8\frac{V_{H}^{2}}{R},h_{\min}\right],h_{\max}\right\} \quad (15)$$

检算用的中间值为：

$$h_{chk}=11.8\frac{\beta_{1}^{2}V_{K}^{2}}{R}=11.8\frac{V_{K}^{2}}{R}\left[\frac{(V_{H}/V_{K})^{2}h_{qy1}+h_{gy1}}{h_{qy1}+h_{gy1}}\right] \quad (16)$$

当 $R_{\min 1}>R \geqslant R_{\min 2}=11.8\dfrac{V_{K}^{2}-V_{H}^{2}}{h_{qy2}+h_{gy2}}$ 时，

上界为：

$$h_{sup}=max\left\{min\left[11.8\frac{V_H^2}{R}+h_{gy2},11.8\frac{V_K^2}{R},h_{max}\right],h_{min}\right\} \quad (17)$$

下界为：

$$h_{inf}=\min\left\{\max\left[11.8\frac{V_K^2}{R}-h_{qy2},11.8\frac{V_H^2}{R},h_{min}\right],h_{max}\right\} \quad (18)$$

检算用的中间值为：

$$h_{chk}=11.8\frac{\beta_2^2 V_K^2}{R}=11.8\frac{V_K^2}{R}\left[\frac{(V_H/V_K)^2 h_{qy2}+h_{gy2}}{h_{qy2}+h_{gy2}}\right] \quad (19)$$

c. 相关参数：

旅客列车行车速度 V_K：因路段速度的引入体现了因地制宜选择线路平面标准的原则，故旅客列车设计行车速度采用路段速度，即取 160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h。

货车设计速度 V_H：对于客货列车共线运行铁路，货车速度也是确定线路平面标准的重要因素之一，并对客车速度的提高产生制约作用。影响货车速度的因素众多、复杂，如何确定合理的货车速度，或寻找一条实际可行的解决途径是值得深入研究的课题。

最新的运营调查资料表明，我国大多数Ⅰ级双线铁路的货车速度在 50～70km/h 之间，在今后的一定时期内依然会维持这样的状况，达不到规范拟定平面标准时的选用值(90km/h)，致使过超高超过了允许值。由此可见，对于Ⅰ级铁路，规范选用的货车速度偏高。

采用《铁路技术管理规程》(简称《技规》，下同)规定的货物列车最小制动率为 0.26，货物列车在坡度不大于 20‰的下坡道上制动限速为 50～75km/h。若制动率采用 0.32，则下坡制动限速为 60～80km/h。

牵引计算表明，当客车在平道上能实现最高速度 140km/h、120km/h 时，电力与内燃牵引的货物列车最高速度平均为：电力牵引 75km/h、77.5km/h，内燃牵引 62.3km/h、70km/h。

从工程建设和铁路运输两方面考虑，货物列车与旅客列车的

速度比小于0.5时，会增大基础工程的建设投资，降低线路的输送能力。

综合考虑目前货物列车的实际运行速度、货车车辆的构造速度、货物机车的功率与牵引特性、今后可能的提速幅度、客货列车速度的合理匹配以及技术进步等因素，本规范采用与路段设计速度160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h相对应的货物列车设计速度分别为90km/h、80km/h、70km/h、60km/h、50km/h。

超高参数：

最大超高h_{max}：最大超高与线路的运输性质和列车速度有关，受横向倾覆安全条件、轨道横向稳定条件、曲线停车舒适条件和防止轴油外流等因素控制。铁科院铁建所1978～1980年的研究结论认为，最高行车速度不大于160km/h线路的最大超高为150～180mm。国外时速160km/h以下的铁路，特别是在客货列车混运铁路上，最大超高值一般均为150mm，我国广深铁路的最大超高取值也为150mm，与我国历次规范的规定基本相同。曲线超高的最新调查资料表明，在旅客列车最高速度大于或等于120km/h的地段，实设超高均远小于150mm。故本规范仍沿用原规范的150mm。

最小超高h_{min}：国外铁路大都没有对最小超高做明确的规定，而《联邦德国铁路新线设计规范》DS800　02中规定不能设置小于20mm的超高。鉴于我国铁路没有对最小超高做明确的规定，故本规范按超高取整值5mm要求，取最小超高为5mm。

允许欠超高h_{qy}：允许欠超高反映旅客舒适度要求，也反映外股钢轨磨耗，它与客车结构、转向架构造及其悬挂方式有关。对于行车速度为140km/h的线路，采用25Z型准高速客车，根据铁科院在环行道与广深线所做试验，当欠超高为110mm时，客车和机车的实测最大轮轴水平力分别为43.0kN和56.6kN，分别小于允许值78.4kN和73.7kN；客车和机车的实测最大脱轨系数分别为

0.33 和 0.21，分别小于安全标准 1.0 和 1.2。根据广州局科研所试验，对于准高速客车，欠超高为 90mm 或 110mm 时，与 22 型客车欠超高为 72mm 或 93mm 时有相同的舒适度指标。近年来上海局、北京局、沈阳局在繁忙干线上提速改造中，在困难地段已取允许欠超高为 110mm。铁科院在《客货共线铁路最高时速 140km、160km 线路平面及竖曲线标准的研究》报告中建议：允许欠超高常用范围为 70mm，采用最大为 90mm，允许最大为 110mm。故本规范允许欠超高的取值为：一般 70mm、困难 90mm，既有线改造时 110mm。

允许过超高 h_{gy}：允许过超高反映内轨偏磨程度，与货车结构、转向架构造和悬挂方式及货运量有关。客货共线运行线路，且货运量较大时，过超高不宜过大。从最新的运营调研资料看，平、丘地段过超高在 30mm 及以下时内外轨的磨耗均不明显。故允许过超高限值，即一般 30mm、困难 50mm。

超高参数见表 20。

表 20　超 高 参 数 (mm)

最大超高	最小超高	允许欠超高		允许过超高	
h_{max}	h_{min}	h_{qy1}(一般)	h_{qy2}(困难)	h_{gy1}(一般)	h_{gy2}(困难)
150	5	70	90	30	50

计算结果。根据上述计算公式(14)～(19)和表 20 所列计算参数，以及最小超高取整至 5mm 的要求，计算得本规范中用于制定和检算缓和曲线长度和曲线线间距加宽标准的曲线超高见表 21。

表 21　制定和检算相关平面标准用曲线超高值(mm)

V_K(km/h)	160			140			120			100			80		
V_H(km/h)	90			80			70			60			50		
R (m)	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}
12000	25	10	15	20	10	10	15	5	10	10	5	10	5	5	5
10000	30	10	15	20	10	15	15	10	10	10	5	10	5	5	5
8000	40	15	20	25	10	15	20	10	15	10	10	10	5	5	5
7000	45	15	25	35	15	20	25	10	15	15	10	10	10	5	5

续表 21

V_K(km/h)	160			140			120			100			80		
V_H(km/h)	90			80			70			60			50		
R (m)	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}	h_{sup}	h_{inf}	h_{chk}
6000	45	20	25	35	15	20	25	10	15	15	10	10	10	5	5
5000	50	20	35	45	20	25	30	15	20	20	10	15	15	10	10
4500	50	20	35	45	20	25	35	15	20	20	10	15	15	10	10
4000	55	25	40	45	20	30	40	15	25	25	15	15	15	10	10
3500	60	30	45	55	25	35	45	20	30	30	15	20	20	10	10
3000	60	35	55	55	30	40	45	20	30	35	15	20	25	10	15
2800	65	40	60	60	30	45	50	20	35	40	15	25	25	10	15
2500	70	55	65	60	35	50	50	25	35	45	20	25	30	15	15
2000	100	65	85	65	50	60	55	30	45	50	25	35	35	15	20
1800	105	80	95	70	60	65	60	35	50	50	25	35	40	20	25
1600	110	100	105	75	75	75	65	40	55	55	30	40	45	20	25
1400	—	—	—	100	80	90	70	55	65	60	35	45	50	25	30
1200	—	—	—	110	105	105	75	75	75	65	40	55	50	25	35
1000	—	—	—		—	—	105	80	95	70	50	65	55	30	45
800	—	—	—	—	—	—	125	125	125	80	80	80	65	40	55
700	—	—	—		—	—	—	—	—	110	80	100	70	45	60
600	—	—	—	—	—	—		—	—	120	110	115	75	60	70
550	—	—		—	—	—		—	—	125	125	125	80	70	80
500	—	—	—		—	—	—		—	—	—		85	85	85
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	115	80	100
400	—	—	—	—		—	—	—		—	—	—	120	100	115
350	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	130	130	130

由表21可知，路段速度为160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h时的最大计算超高分别为110mm、125mm、130mm，均小于最大超高150mm，即不受最大超高的控制。

表21所列计算结果主要应用于缓和曲线长度和曲线间距加宽值的制定与检算，尽管检算用的超高可供确定实设超高时参考，但均不宜作为运营部门确定实设超高的依据。

②最小缓和曲线长度的计算参数。

a. 旅客列车最高行车速度 V_{max}。由于路段速度即为该路段内允许的旅客列车最高行车速度，因此以路段速度作为制定缓和曲线长度标准的旅客列车最高行车速度，即 V_{max} 取为160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h。

b. 曲线超高 h。由于不同路段速度下所能采用的曲线半径均能保证该路段速度，因此，利用曲线超高的允许设置范围，根据缓和曲线长度标准的制定应允许考虑运营部门根据实际情况（如降低顺坡率、提高舒适度、减轻内外轨磨耗，甚至适当提速等）调整实设超高的动态思想及前述分档方法，制定缓和曲线长度"一般"标准时采用曲线超高允许设置范围的上界 h_{sup}，制定"困难"标准时采用曲线超高允许设置范围的下界 h_{inf}，检算缓和曲线长度标准时采用介于上、下界之间且使欠、过超高保持合理水平的某一中间超高 h_{chk}。超高取值见表21。

c. 超高时变率容许值 f。国外资料表明，各国采用值变化幅度较大，有高于我国标准的，也有低于我国标准的。我国广深铁路为减少提速改造的建设投资，超高时变率容许值为：一般地段32mm/s、困难地段40mm/s，运营实践表明是可行的。综上分析，本规范根据路段速度在计算和检算（"一般"和"困难"）时采用不同的数值，见表22。

表 22　最小缓和曲线计算参数

V_{max} (km/h)		160		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
h (mm)	计算	h_{sup}	h_{inf}	h_{sup}	h_{inf}	h_{sup}	h_{inf}	h_{sup}	h_{inf}	h_{sup}	h_{inf}
	检算	h_{chk}		h_{chk}		h_{chk}		h_{chk}		h_{chk}	
f (mm/s)	计算	32		32		32		32		32	
	检算	28	32	28	32	28	32	28	32	32	36
b (mm/s)	计算	45		45		45		45		45	
	检算	40	45	40	45	40	45	40	45	45	52.5
i (‰)	计算	0.72		0.82		0.96		1.15		1.44	
	检算	0.63	0.72	0.72	0.82	0.84	0.96	1.01	1.15	1.44	1.62

d. 欠超高时变率容许值 b。欠超高时变率容许值 b(mm/s)，与未被平衡离心加速度时变率容许值 γ(g/s)是两个实质相同但表现形式不同的衡量旅客舒适度要求的标准，对于我国标准轨距铁路，二者存在以下换算关系：

$$b=\frac{1500}{g}\gamma \tag{20}$$

从表现形式来看，欠超高时变率容许值更简洁、明了，且易于有关公式的推导与表达，故本规范予以采用。

欠超高时变率容许值的采用值为：一般地段 45mm/s、困难地段 52.5mm/s(对应于未被平衡离心加速度时变率容许值为一般 0.03g/s、困难 0.035g/s)。本规范根据路段速度和我国运营实践，在计算和检算(“一般”和“困难”)时采用不同的数值见表 22。

③最小缓和曲线长度的计算与检算。

a. 最小缓和曲线长度的计算。根据前述计算公式(9)及表 21 和表 22 的计算参数，按缓和曲线长度进整为 10m、不足 20m 者取 20m 的要求，计算得最小缓和曲线长度，见表 23。

表 23 最小缓和曲线长度计算

工程条件		一般						困难					
V_{max}	R	h_{sup}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0	h_{inf}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0
(km/h)	(m)	(mm)			(m)			(mm)			(m)		
160	12000	25	0.1	17.0	34.7	0.1	40	10	15.1	2.0	13.8	14.9	20
	10000	30	0.2	20.4	41.7	0.2	50	10	20.2	0.4	13.8	20.0	20
	8000	40	2.2	28.1	55.5	2.2	60	15	22.8	3.1	20.8	22.5	30
	7000	45	1.8	31.3	62.5	1.8	70	15	28.2	1.3	20.8	27.9	30
	6000	45	5.3	29.1	62.5	5.2	70	20	30.3	4.1	27.8	29.9	30
	5000	50	10.4	30.9	69.4	10.3	70	20	40.4	0.9	27.8	39.9	40
	4000	55	20.5	31.1	76.4	20.2	80	25	50.5	1.1	34.7	49.9	50
	3000	60	40.7	28.1	83.3	40.2	90	35	65.7	3.1	48.6	64.9	70
	2800	65	42.9	30.9	90.3	42.4	90	40	67.9	5.9	55.5	67.1	70
	2500	70	50.8	31.8	97.2	50.2	100	55	65.8	16.8	76.4	64.9	80
	2000	100	51.0	52.2	138.9	50.3	140	65	86.0	17.2	90.3	84.9	100
	1800	105	62.8	51.9	145.8	62.0	150	80	87.8	26.9	111.1	86.7	120
	1600	110	78.8	50.3	152.8	77.8	160	100	88.8	45.3	138.9	87.7	140
140	12000	20	0.3	13.7	24.3	0.3	30	10	9.3	3.7	12.1	11.3	20
	10000	20	3.1	12.4	24.3	2.7	30	10	13.1	2.4	12.2	11.3	20
	8000	25	3.9	15.6	30.4	3.4	40	10	18.9	0.6	12.2	16.3	20
	7000	35	2.0	24.2	42.5	1.7	50	15	18.0	4.2	18.2	15.6	20
	6000	35	3.5	22.4	42.5	3.1	50	15	23.5	2.4	18.2	20.3	30
	5000	45	1.3	29.9	54.7	1.1	60	20	26.3	4.9	24.3	22.7	30
	4000	45	12.8	26.1	54.7	11.1	60	20	37.8	1.1	24.3	32.7	40
	3000	55	22.1	29.8	66.8	19.1	70	30	47.1	4.8	36.5	40.7	50
	2800	60	22.6	33.0	72.9	19.5	80	30	52.6	3.0	36.5	45.5	50
	2500	60	32.5	29.8	72.9	28.1	80	35	57.5	4.8	42.5	49.7	50
	2000	65	50.6	27.2	79.0	43.8	80	50	65.6	12.2	60.8	56.7	70
	1800	70	58.5	28.0	85.1	50.5	90	60	68.5	18.0	72.9	59.2	80
	1600	75	69.6	27.8	91.1	60.1	100	75	69.6	27.8	91.1	60.1	100
	1400	100	65.2	46.1	121.5	56.3	130	80	85.2	26.1	97.2	73.6	100
	1200	110	82.7	47.1	133.7	71.5	140	105	87.7	42.1	127.6	75.8	130

续表 23

工程条件		一般						困难					
V_{max}	R	h_{sup}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0	h_{sup}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0
(km/h)	(m)	(mm)			(m)			(mm)			(m)		
120	12000	15	0.8	10.2	15.6	0.6	20	5	9.2	0.2	5.2	6.8	20
	10000	15	2.0	9.2	15.6	1.5	20	10	7.0	4.2	10.4	5.2	20
	8000	20	1.2	12.8	20.8	0.9	30	10	11.2	2.8	10.4	8.3	20
	7000	25	0.7	16.7	26.0	0.5	30	10	14.3	1.7	10.4	10.6	20
	6000	25	3.3	15.4	26.0	2.5	30	10	18.3	0.4	10.4	13.6	20
	5000	30	4.0	18.4	31.3	3.0	40	15	19.0	3.4	15.6	14.1	20
	4000	40	2.5	25.5	41.7	1.8	50	15	27.5	0.5	15.6	20.4	30
	3000	45	11.6	25.7	46.9	8.6	50	20	36.6	0.7	20.8	27.1	30
	2800	50	10.7	29.4	52.1	7.9	60	20	40.7	0.7	20.8	30.1	40
	2500	50	18.0	26.9	52.1	13.3	60	25	43.0	1.9	26.0	31.8	40
	2000	55	30.0	26.1	57.3	22.2	60	30	55.0	1.1	31.3	4.07	50
	1800	60	34.3	27.9	62.5	25.5	70	35	59.4	2.9	36.5	44.0	50
	1600	65	41.2	28.9	67.7	30.5	70	40	66.2	3.9	41.7	49.0	50
	1400	70	51.4	28.7	72.9	38.1	80	55	66.4	13.7	57.3	49.2	60
	1200	75	66.6	26.8	78.1	49.3	80	75	66.6	26.8	78.1	49.3	80
	1000	105	64.9	47.2	109.4	48.4	110	80	89.9	22.2	83.3	66.6	90
	800	125	87.4	52.7	130.2	64.7	140	125	87.4	52.7	130.2	64.7	130
100	12000	10	0.2	6.5	8.7	0.1	20	5	4.8	1.5	4.3	3.0	20
	10000	10	1.8	5.8	8.7	1.1	20	5	6.8	0.8	4.3	4.2	20
	8000	10	4.8	4.7	8.7	2.9	20	10	4.8	4.7	8.7	2.9	20
	7000	15	1.9	8.9	13.0	1.2	20	10	6.9	3.9	8.7	4.3	20
	6000	15	4.7	7.9	13.0	2.9	20	10	9.7	2.9	8.7	6.0	20
	5000	20	3.6	11.5	17.4	2.2	20	10	13.6	1.5	8.7	8.4	20
	4000	25	4.5	14.4	21.7	2.8	30	15	14.5	4.4	13.0	9.0	20
	3000	35	4.3	20.8	30.4	2.7	40	15	24.3	0.8	13.0	15.0	20
	2800	40	2.1	24.8	34.7	1.3	40	15	27.1	0.2	13.0	16.7	20
	2500	45	2.2	28.0	39.1	1.4	40	20	27.2	3.0	17.4	16.8	20
	2000	50	9.0	28.8	43.4	5.6	50	25	34.0	3.8	21.7	21.0	30

续表 23

工程条件		一般						困难					
V_{max}	R	h_{sup}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0	h_{inf}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0
(km/h)	(m)	(mm)			(m)			(mm)			(m)		
100	1800	50	15.6	26.4	43.4	9.6	50	25	40.6	1.4	21.7	25.0	30
	1600	55	18.8	28.4	47.7	11.6	50	30	43.8	3.4	26.0	27.0	30
	1400	60	24.3	29.7	52.1	15.0	60	35	49.3	4.7	30.4	30.4	40
	1200	65	33.3	29.6	56.4	20.6	60	40	58.3	4.6	34.7	36.0	40
	1000	70	48.0	27.5	60.8	29.6	70	50	68.0	7.5	43.4	42.0	50
	800	80	67.5	26.9	69.4	41.7	70	80	67.5	26.9	69.4	41.7	70
	700	110	58.6	49.3	9.5	36.2	100	80	88.6	19.3	69.4	54.7	70
	600	120	76.7	49.2	104.2	47.3	110	110	86.7	39.2	95.5	53.5	100
	550	125	89.5	47.8	108.5	55.3	110	125	89.5	47.8	108.5	55.3	110
80	12000	5	1.3	2.5	3.5	0.7	20	5	1.3	2.5	3.5	0.7	20
	10000	5	2.6	2.0	3.5	1.3	20	5	2.6	2.0	3.5	1.3	20
	8000	5	4.4	1.3	3.5	2.2	20	5	4.4	1.3	3.5	2.2	20
	7000	10	0.8	5.8	6.9	0.4	20	5	5.8	0.8	3.5	2.9	20
	6000	10	2.6	5.1	6.9	1.3	20	5	7.6	0.1	3.5	3.7	20
	5000	15	0.1	9.1	10.4	0.1	20	10	5.1	4.1	6.9	2.5	20
	4000	15	3.9	7.6	10.4	1.9	20	10	8.9	2.6	6.9	4.4	20
	3000	25	0.2	15.2	17.4	0.1	20	10	15.2	0.2	6.9	7.5	20
	2800	25	2.0	14.5	17.4	1.0	20	10	17.0	0.5	6.9	8.4	20
	2500	30	0.2	18.2	20.8	0.1	30	15	15.2	3.2	10.4	7.5	20
	2000	35	2.8	20.3	24.3	1.4	30	15	22.8	0.2	10.4	11.2	20
	1800	40	2.0	23.6	27.8	1.0	30	20	22.0	3.6	13.9	10.8	20
	1600	45	2.2	26.6	31.3	1.1	40	20	27.2	1.6	13.9	13.4	20
	1400	50	3.9	28.9	34.7	1.9	40	25	28.9	3.9	17.4	14.3	20
	1200	50	12.9	25.4	34.7	6.4	40	25	37.9	0.4	17.4	18.7	20
	1000	55	20.5	25.5	38.2	10.1	40	30	45.5	0.5	20.8	22.5	30
	800	65	29.4	28.1	45.1	14.5	50	40	54.1	3.1	27.8	26.9	30
	700	70	37.9	27.9	48.6	18.7	50	45	62.9	2.9	31.3	31.1	40
	600	75	50.9	25.8	52.1	25.1	60	60	65.9	10.8	41.7	32.5	50

续表 23

工程条件		一	般					困	难				
V_{max}	R	h_{sup}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0	h_{mf}	h_q	h_g	l_2	l_3	l_0
(km/h)	(m)	(mm)			(m)			(mm)			(m)		
80	550	80	57.3	26.4	55.6	28.3	60	70	67.3	16.4	48.6	33.2	50
	500	85	66.0	26.0	59.3	32.6	60	85	66.0	26.0	59.0	32.6	60
	450	115	52.8	49.4	79.9	26.1	80	80	87.8	14.4	55.6	43.4	60
	400	120	68.8	46.3	83.3	34.0	90	100	88.8	26.2	69.4	43.9	70
	350	130	85.8	45.7	90.3	42.4	100	130	85.8	45.7	90.3	42.4	90

b.最小缓和曲线长度的检算。上述计算是以曲线超高允许设置范围的上、下界作为确定缓和曲线长度的计算超高，使欠、过超高处于不均衡状态，且采用的超高顺坡率和舒适度参数与《铁路线路维修规则》也不相同。因此，为了更大程度地满足工务部门根据《铁路线路维修规则》的有关规定和实际情况确定和调整曲线实设超高的需要，本规范以能使欠、过超高保持比较合理比例的计算超高对缓和曲线长度的计算结果进行检算，判断由缓和曲线长度计算值所确定的超高顺坡率和舒适度指标是否能满足，若不能满足，则增大缓和曲线长度直到满足为止。各检算指标按下列公式计算。

$$h_q = 11.8\frac{V_{max}^2}{R} - h_{chk} \tag{21}$$

$$h_g = h_{chk} - 11.8\frac{V_H^2}{R} \tag{22}$$

$$\beta_j = \frac{1}{V_{max}}\sqrt{\frac{h_{chk}R}{11.8}} \tag{23}$$

$$i_j = \frac{h_{chk}}{l_0} \leqslant i \tag{24}$$

$$f_j = \frac{h_{chk}V_{max}}{3.6l_0} \leqslant f \tag{25}$$

$$b_j = \frac{h_q V_{max}}{3.6l_0} \leqslant b \tag{26}$$

$$\alpha_j = \frac{1000l_0}{h_{chk}V_{max}} = \frac{1000}{i_j V_{max}} \tag{27}$$

式中 β_j —速度系数，为均方根速度与最高速度的比值；

α_j —超高时变率系数。

根据以上计算公式(21)～(27)及表21的检算用超高和表22的检算参数，对最小缓和曲线长度进行检算和调整，结果见表24。

表24 最小缓和曲线长度检算

工程条件						一般					困难				
V_{max}	R	h_{chk}	h_q	h_g	β_j	l_0	i_j	f_j	b_j	α_j	l_0	i_j	f_j	b_j	α_j
(km/h)	(m)	(mm)				(m)	(‰)	(mm/s)			(m)	(‰)	(mm/s)		
160	12000	15	10.2	7.0	0.77	40	0.38	16.7	11.3	16.4	30	0.50	22.2	15.1	12.5
	10000	15	15.2	5.4	0.70	50	0.30	13.3	13.5	20.8	40	0.38	16.7	6.6	16.4
	8000	20	17.8	8.1	0.73	60	0.33	14.8	13.2	18.9	50	0.40	17.8	16.9	15.6
	7000	25	18.2	11.3	0.76	70	0.36	15.9	11.6	17.4	50	0.50	22.2	22.5	15.6
	6000	25	25.3	9.1	0.70	70	0.29	15.9	16.1	21.6	50	0.50	22.2	22.5	12.5
	5000	35	25.4	15.9	0.76	70	0.50	22.2	16.1	12.5	60	0.58	25.9	18.8	10.8
	4000	40	35.5	16.1	0.73	80	0.50	22.2	19.7	12.5	70	0.57	25.4	22.5	11.0
	3000	55	45.7	23.1	0.74	90	0.61	27.2	22.6	10.2	80	0.69	30.5	25.4	9.1
	2800	60	47.9	25.9	0.74	100	0.60	26.7	21.3	10.4	90	0.67	29.6	23.7	9.3
	2500	65	55.8	26.8	0.73	110	0.59	26.3	22.5	10.6	100	0.65	28.9	24.8	9.6
	2000	85	66.0	37.2	0.75	140	0.61	27.0	21.0	10.2	120	0.71	31.5	24.4	8.8
	1800	95	72.8	41.9	0.75	160	0.59	26.4	20.2	10.6	140	0.68	28.6	23.1	9.2
	1600	105	83.8	45.3	0.74	170	0.62	27.5	21.9	10.1	150	0.70	31.1	24.8	8.9
140	12000	15	4.3	8.7	0.88	30	0.50	19.4	5.6	14.3	20	0.75	29.2	8.4	9.5
	10000	15	8.1	7.4	0.81	30	0.50	19.4	10.5	14.3	20	0.75	29.2	14.4	9.5
	8000	15	13.9	5.6	0.72	40	0.38	14.6	13.5	19.1	20	0.75	29.2	27.1	9.5
	7000	20	13.0	9.2	0.78	50	0.40	15.6	10.1	17.9	30	0.67	25.9	16.9	10.7
	6000	20	18.5	7.4	0.72	50	0.40	15.6	14.4	17.9	30	0.67	25.9	24.0	10.7
	5000	25	21.3	9.9	0.74	60	0.42	16.2	13.8	17.1	40	0.63	24.3	20.7	11.4
	4000	30	27.8	11.1	0.72	60	0.50	19.4	18.0	14.3	40	0.75	29.2	27.1	9.5
	3000	40	37.1	14.8	0.72	70	0.57	22.2	20.6	12.5	50	0.80	31.1	28.9	8.9
	2800	45	37.6	18.0	0.74	80	0.56	21.9	18.3	12.8	60	0.75	29.2	24.4	9.5
	2500	50	42.5	19.8	0.74	80	0.63	24.3	20.7	11.4	70	0.71	27.8	23.6	10.0
	2000	60	55.6	22.2	0.72	90	0.67	25.9	24.3	10.7	80	0.75	29.2	27.1	9.5
	1800	65	63.5	23.0	0.71	100	0.65	25.3	24.7	11.0	80	0.81	31.6	30.9	8.8
	1600	75	69.6	27.8	0.72	110	0.68	26.5	24.6	10.5	100	0.75	29.2	27.1	9.5
	1400	90	75.2	36.1	0.74	130	0.69	26.9	22.5	10.3	110	0.82	31.8	26.5	8.7
	1200	105	87.7	42.1	0.74	150	0.70	27.2	22.8	10.2	130	0.81	31.4	26.3	8.8

续表 24

工程条件						一般					困难				
V_{max}	R	h_{chk}	h_q	h_g	β_j	l_0	i_j	f_j	b_j	α_j	l_0	i_j	f_j	b_j	α_j
(km/h)	(m)	(mm)				(m)	(‰)	(mm/s)			(m)	(‰)	(mm/s)		
120	12000	10	4.2	5.2	0.84	20	0.50	16.7	7.0	16.7	20	0.50	16.7	7.0	16.7
	10000	10	7.0	4.2	0.77	20	0.50	16.7	11.7	16.7	20	0.50	16.7	11.7	16.7
	8000	15	6.2	7.8	0.84	30	0.50	16.7	6.9	16.7	20	0.75	25.0	10.3	11.1
	7000	15	9.3	6.7	0.79	30	0.50	16.7	10.3	16.7	20	0.75	25.0	15.5	11.1
	6000	15	13.3	5.4	0.73	30	0.50	16.7	14.8	16.7	20	0.75	25.0	22.2	11.1
	5000	20	14.0	8.4	0.77	40	0.50	16.7	11.7	16.7	30	0.67	22.2	15.5	12.5
	4000	25	17.5	10.5	0.77	50	0.50	16.7	11.7	16.7	30	0.83	27.8	19.4	10.1
	3000	30	26.6	10.7	0.73	50	0.60	20.2	17.8	13.9	40	0.75	25.0	22.2	11.1
	2800	35	25.7	14.4	0.76	50	0.70	23.3	17.1	11.9	40	0.88	29.2	21.4	9.5
	2500	35	33.0	11.9	0.72	60	0.58	19.4	18.3	14.3	40	0.88	29.2	27.5	9.5
	2000	45	40.0	16.1	0.73	60	0.75	25.0	22.2	11.1	50	0.90	30.0	26.2	9.3
	1800	50	44.4	17.9	0.73	70	0.71	23.8	21.1	11.7	60	0.83	27.8	24.3	10.0
	1600	55	51.2	18.9	0.72	70	0.79	26.2	24.4	10.6	60	0.92	30.6	28.4	9.1
	1400	65	56.4	23.7	0.73	80	0.81	27.1	23.5	10.3	70	0.93	31.0	26.8	9.0
	1200	75	66.6	26.8	0.73	90	0.83	27.8	24.7	10.1	80	0.94	31.3	27.8	8.9
	1000	95	74.9	37.2	0.75	120	0.79	26.4	20.8	10.5	100	0.95	31.7	25.0	8.8
	800	125	87.4	52.7	0.77	150	0.83	27.8	19.4	10.0	130	0.96	32.0	22.4	8.7
100	12000	10	0.2	5.2	1.00	20	0.50	13.9	0.3	6.7	20	0.50	13.9	0.3	0.7
	10000	10	108	5.8	0.92	20	0.50	13.9	2.5	20.0	20	0.50	13.9	2.5	20.0
	8000	10	4.8	4.7	0.82	20	0.50	13.9	6.6	20.0	20	0.50	13.9	6.6	20.0
	7000	10	6.9	3.9	0.77	20	0.50	13.9	9.6	20.0	20	0.50	13.9	11.5	20.0
	6000	10	9.7	2.9	0.71	20	0.50	13.9	13.4	20.0	20	0.50	13.9	13.4	20.0
	5000	15	8.6	6.5	0.80	20	0.75	20.8	11.9	13.3	20	0.75	20.8	11.9	13.3
	4000	15	14.5	4.4	0.71	30	0.50	13.9	13.4	20.0	20	0.75	20.8	20.1	13.3
	3000	20	19.3	5.8	0.71	40	0.50	13.9	13.4	20.0	20	1.00	27.8	26.9	10.0
	2800	25	17.1	9.8	0.77	40	0.63	17.4	11.9	15.9	30	0.83	23.1	15.8	12.0
	2500	25	22.2	8.0	0.73	40	0.63	17.4	15.4	16.0	30	0.83	23.1	20.6	12.0
	2000	35	24.0	13.8	0.77	50	0.70	19.4	13.3	14.3	40	0.88	24.3	21.2	11.4
	1800	35	30.6	11.4	0.73	50	0.70	19.4	17.0	14.3	40	0.88	24.3	21.22	11.4
	1600	40	33.8	13.4	0.74	50	0.80	22.2	18.8	12.5	40	1.00	27.8	23.4	10.0
	1400	45	39.3	14.7	0.73	60	0.75	20.8	18.2	13.3	40	1.13	31.3	27.3	8.9
	1200	55	43.3	19.6	0.75	60	0.92	25.5	20.1	10.9	50	1.10	30.6	24.1	9.1

续表 24

工程条件						一般					困难				
V_{max}	R	h_{chk}	h_q	h_g	β_1	l_0	i_1	f_1	b_1	a_1	l_0	i_1	f_1	b_1	a_1
(km/h)	(m)	(mm)				(m)	(‰)	(mm/s)			(m)	(‰)	(mm/s)		
100	1000	65	53.0	22.5	0.74	70	0.93	25.8	21.0	10.8	60	1.08	30.1	24.5	9.2
	800	80	67.5	26.9	0.74	80	1.00	27.8	23.4	10.0	70	1.14	31.7	26.9	8.8
	700	100	68.6	39.3	0.77	100	1.00	27.8	19.1	10.0	90	1.11	30.9	21.2	9.0
	600	115	81.7	44.2	0.76	120	0.96	26.6	18.9	10.4	100	1.15	31.9	22.7	8.7
	550	125	89.5	47.8	0.76	130	0.96	26.7	19.1	10.4	110	1.14	31.6	22.6	8.8
80	12000	5	1.3	1.5	0.89	20	0.25	5.6	1.4	50	20	0.25	5.6	1.4	50.0
	10000	5	2.6	2.0	0.81	20	0.25	5.6	2.8	50.0	20	0.25	5.6	4.9	50.0
	8000	5	4.4	1.3	0.73	20	0.25	5.6	4.9	50.0	20	0.25	5.6	4.9	50.0
	7000	5	5.8	0.8	0.68	20	0.25	5.6	6.4	50.0	20	0.25	5.6	6.4	50.0
	6000	5	7.6	0.1	0.63	20	0.25	5.6	8.4	50.0	20	0.25	5.6	8.4	50.0
	5000	10	5.1	4.1	0.81	20	0.50	11.1	5.7	25.0	20	0.50	11.1	5.7	25.0
	4000	10	8.9	2.6	0.73	20	0.50	11.1	9.9	25.0	20	0.50	11.1	9.9	25.0
	3000	15	10.2	5.2	0.77	20	0.75	16.7	11.3	16.7	20	0.75	16.7	11.3	16.7
	2800	15	12.0	4.5	0.75	20	0.75	16.7	13.3	16.7	20	0.75	16.7	13.3	16.7
	2500	15	15.2	3.2	0.70	30	0.50	11.1	11.3	25.0	20	0.75	16.7	16.9	16.7
	2000	20	17.8	5.3	0.73	30	0.67	14.8	13.2	18.8	20	1.00	22.2	19.7	12.5
	1800	25	17.0	8.6	0.77	30	0.83	18.5	12.6	15.0	20	1.25	27.8	18.8	10.0
	1600	25	22.2	6.6	0.73	40	0.63	13.9	12.3	20.2	20	1.25	27.8	24.7	10.0
	1400	30	23.9	8.9	0.75	40	0.75	16.7	13.3	16.7	20	1.50	33.3	26.6	8.3
	1200	35	27.9	10.4	0.75	40	0.88	19.4	15.5	14.3	30	1.17	25.9	20.0	10.7
	1000	45	30.5	15.5	0.77	40	1.13	25.0	17.0	11.1	30	1.50	33.3	22.6	8.3
	800	55	39.4	18.1	0.76	50	1.10	24.4	17.5	11.4	40	1.38	30.6	21.9	9.1
	700	60	47.9	17.9	0.75	50	1.20	26.7	21.3	10.4	40	1.50	33.3	26.6	8.3
	600	70	55.9	20.8	0.75	60	1.17	25.9	20.7	10.7	50	1.40	31.1	24.8	8.9
	550	80	57.3	264	0.76	60	1.33	29.6	21.2	9.4	50	1.60	35.6	25.5	7.8
	500	85	66.0	26.0	0.75	60	1.42	31.5	24.5	8.8	60	1.42	31.5	24.5	8.8
	450	100	67.8	34.4	0.77	80	1.25	27.8	18.8	10.0	70	1.43	31.7	21.5	8.8
	400	115	73.8	41.3	0.78	90	1.28	28.4	18.2	9.8	80	1.43	31.9	20.3	8.7
	350	130	85.8	45.7	0.78	100	1.30	28.9	19.1	9.6	90	1.44	32.0	21.2	8.7

④最小缓和曲线长度。

综合表 23 的计算结果和表 24 的检算结果,对 160km/h 检算值不符合要求的缓和曲线长度进行适当调整,得到缓和曲线长度标准见表 25。

表 25　最小缓和曲线长度(m)

V_{max} (km/h)		160		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
R	12000	40	40	30	20	20	20	20	20	20	20
	10000	50	40	30	20	20	20	20	20	20	20
	8000	60	50	40	20	30	20	20	20	20	20
	7000	70	50	50	30	30	20	20	20	20	20
	6000	70	50	50	30	30	20	20	20	20	20
	5000	70	60	60	40	40	30	20	20	20	20
	4500	70	60	60	40	40	30	30	20	20	20
	4000	80	70	60	40	50	30	30	20	20	20
	3500	90	70	70	50	50	40	40	20	20	20
	3000	90	80	70	50	50	40	40	20	20	20
	2800	100	90	80	60	50	40	40	30	20	20
	2500	110	100	80	70	60	40	40	30	30	20
	2000	140	120	90	80	60	50	50	40	30	20
	1800	160	140	100	80	70	60	50	40	30	20
	1600	170	160	110	100	70	60	50	40	40	20
	1400	—	—	130	110	80	70	60	40	40	20
	1200	—	—	150	130	90	80	60	50	40	30
	1000	—	—	—	—	120	100	70	60	40	30
	800	—	—	—	—	150	130	80	70	50	40
	700	—	—	—	—	—	—	100	90	50	40
	600	—	—	—	—	·	—	120	100	60	50
	550	—	—	—		—	—	130	110	60	50
	500	—	—	—	—	—	—	·	—	60	60
	450	—	—	—	—	—	·	—	—	80	70
	400	—	—	—	—	—	—	—	—	90	80
	350	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90

6)本条文表 3.1.5-1 和表 3.1.5-2 缓和曲线长度标准的使用

说明。选用缓和曲线长度时，应根据地形、纵断面及相邻曲线、客货列车比例、货车速度、运输要求以及将来发展的可能等条件确定。缓和曲线长度标准的选用原则为：

一般情况下，尤其是在地形简易地段，自由坡地段，旅客列车比例较大路段和将来有较大幅度提高客货列车速度要求的路段应优先选用表 3.1.5-1 规定的数值。

困难条件下，在地形较为困难地段、紧坡地段或停车站两端、凸形纵断面坡顶等行车速度不高的地段以及低等级铁路中客车对数较少且货车速度较低的路段和对行车速度要求不高的路段，可选用表 3.1.5-2 的“一般”栏数值。

特殊困难条件下，在地形特别困难地段、紧坡地段或停车站两端、凸形纵断面坡顶等行车速度不高的地段以及低等级铁路中客车对数较少且货车速度较低的路段和对行车速度要求不高的路段，经技术经济比选后方可选用表 3.1.5-2 中“困难”栏数值，或“困难”栏与“一般”栏间的 10m 整倍数的缓和曲线长度。

2 改建既有线和增建第二线的缓和曲线。改建既有线和增建第二线的并行地段，可按本条规定加长或增设缓和曲线，如受既有建筑物或线路条件限制，为减少改建工程，允许降低旅客舒适度要求，减短缓和曲线长度。特殊困难条件下，位于运输繁忙车站或重点桥隧等建筑物的线路及其引线上，改动既有线平面将引起较大工程时，允许在同一曲线两端设置不等长缓和曲线。

上述条件下的缓和曲线长度应根据曲线超高及由路段设计速度和超高时变率容许值所确定的超高顺坡率按下式计算确定：

$$l_0 = \frac{h}{i} \tag{28}$$

本条文表 3.1.5-3 所列最大超高顺坡率是根据《既有线提速技术条件》(试行)和《铁路线路维修规则》的有关规定确定的，路

段设计速度大于 120km/h 的地段，(1/10v)计算超高时变率容许值 f 为 27.8 mm/s，(1/8v)计算超高时变率容许值 f 为 34.7 mm/s；当路段设计速度小于或等于 120km/h 的地段，(1/9v)计算超高时变率容许值 f 为 30.9 mm/s，(1/7v)计算超高时变率容许值 f 为 39.7 mm/s。

为便于测设、养护维修和改善行车条件，凡计算确定的缓和曲线长度均应取 10m 整数倍，特殊困难条件下可取整至 1m，不足 20m 时应取 20m。本条之所以增加"特殊困难条件下可取整至 1m"的规定，是考虑到改建既有线缓和曲线长度的取整，如按 10m 的整倍数计，有时桥隧建筑物控制点的计算拨距偏大，导致废弃工程，尤其是转向角接近 180°时凑整误差的影响更大，故在特殊困难条件下予以放宽。

3 复曲线设置中间缓和曲线问题。既有线在困难条件下保留复曲线时，应设置满足超高顺坡要求的中间缓和曲线，以利超高和加宽的递增，并缓和离心加速度的骤变。若复曲线不设缓和曲线，则由于两圆曲线的外轨超过不同，当旅客列车通过两圆连接点时，欠超高在短时间内产生骤变，而时变率受旅客舒适度限制，故应根据允许的欠超高时变率来确定两圆曲线不设中间缓和曲线而直接相连时两圆曲线半径应满足的条件。

如图 2 所示，h_1、h_2 是半径为 R_1、R_2 的圆曲线实设超高，CD 为超高递变段实设超高，超高顺坡率为 i，E 为 R_1、R_2 两圆连接点。设客车车辆为刚体，作质点运动，车体长度为 L，车辆通过两圆连接点 E 前后，质心在 A、B 位置，其间距为 L。

则质点在 A 时的欠超高 h_{q1} 为：

$$h_{q1}=11.8\frac{v_{max}^2}{R_1}-h_1 \tag{29}$$

质点在 B 时的欠超高 h_{q2} 为：

$$h_{q2}=11.8\frac{v_{max}^2}{R_2}-h_1+\frac{1}{2}L_i \tag{30}$$

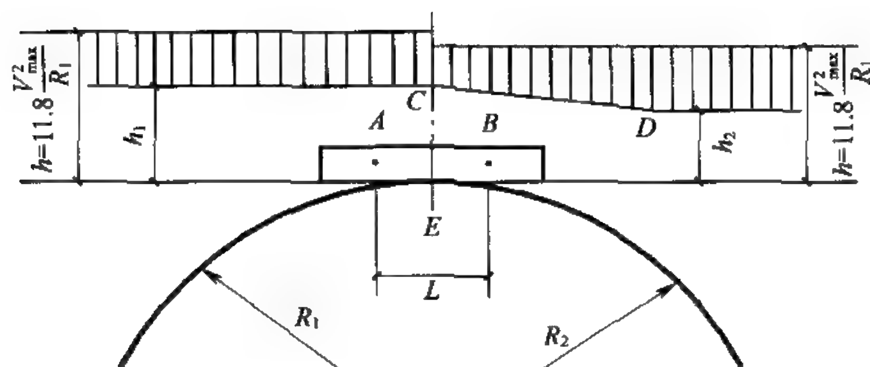


图 2　曲线超高变化示意图

其间欠超高变化 Δh_q 为：

$$\Delta h_q = h_{q1} - h_{q2} = 11.8V_{max}^2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)-\frac{1}{2}L_t \tag{31}$$

经行 AB 点的时间为：

$$t = 3.6\frac{L}{V_{max}} \tag{32}$$

故欠超高时变率 b_0 为：

$$b_0 = \frac{\Delta h_q}{t} = \left[11.8V_{max}^2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)-\frac{1}{2}L_t\right]\frac{V_{max}^2}{3.6L} \tag{33}$$

当 b_0 不大于允许值 b 时，可不设中间缓和曲线，即满足下式：

$$\left[11.8V_{max}^2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)-\frac{1}{2}L_t\right]\frac{V_{max}^2}{3.6L}\leqslant b \tag{34}$$

整理后得：

$$\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\leqslant\frac{3.6Lb}{11.8V_{max}^3}+\frac{L_t}{2\times 11.8V_{max}^2} \tag{35}$$

因超高顺坡率 i 与超高时变率容许值 f 存在式(8)所表达的关系，故将式(8)代入式(35)后整理得：

$$\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\leqslant\frac{3.6L(b+0.5f)}{11.8V_{max}^3} \tag{36}$$

式(36)即为两圆曲线间不加设中间缓和曲线时两圆曲线曲率差应满足的条件。各种路段设计速度下的计算参数及计算结

果见表26。

表26　复曲线可不设中间缓和曲线的两圆曲线最大曲率差计算

V_{max} (km/h)		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
L(m)		24.0		24.0		24.0		24.0	
b(mm/s)		45	52.5	45	52.5	45	52.5	45	52.5
f(mm/s)		32	36	32	36	32	36	32	36
$\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}$	计算值	1/6144	1/5316	1/3869	1/3348	1/2239	1/1937	1/1146	1/992
	取值	1/8000	1/6000	1/4000	1/4000	1/2500	1/2000	1/1200	1/1000
	采用值	1/6000		1/4000		1/2000		1/1000	

鉴于改建既有线需保留复曲线地段的工程条件一般都很困难，故取表26中"困难"栏的数值作为不设中间缓和曲线的两圆曲线曲率差的临界限值，得本规范表3.1.5-3规定的最大曲率差。

若改建既有复曲线(如延长两端缓和曲线或加设中间缓和曲线等)将引起巨大工程，而运营养护中未发现该复曲线有重大问题时，可考虑保留复曲线原状，以节约工程投资。

3.1.6　考虑到确定圆曲线和夹直线长度的理论与计算方法在力学上无大的差别，故将其合并，且按路段旅客列车设计行车速度制定统一标准。

1　圆曲线和夹直线最小长度的确定。

1)养护要求。为保持曲线圆顺，圆曲线上至少应有两个正矢桩，以便绳正曲线，故不应小于20m。

为正确保持直线方向，夹直线长度不宜短于2～3节钢轨，至少能有一节钢轨在直线上。今后干线铁路大都采用25m标准长度的钢轨，故夹直线长度不宜短于50～75m，困难时不短于25m。

2)行车平稳要求。

①为减少车辆摇摆，使列车运行平稳，圆曲线和夹直线长度不

宜短于 2～3 辆客车长度，22 型、25 型客车长度分别为 24m、25.5m，故圆曲线和夹直线长度应为 48～76.5m。

②车辆通过圆曲线或夹直线两端缓和曲线时，为避免车辆后轴在缓和曲线终点(指缓圆点或缓直点)产生的振动，与车辆前轴在另一缓和曲线起点(指圆缓点或直缓点)产生的振动相叠加，圆曲线或夹直线长度 L_j 应满足：

$$L_j \geq \frac{nTV_{max}}{3.6} + L_q \tag{37}$$

式中 L_j——圆曲线或夹直线长度(m)；

n ——振动消失所经历的振动周期数(次)；

T ——车辆振动周期(s)；

L_q——客车全轴距(m)。

考虑到车辆并非刚体，可不考虑客车全轴距的影响，即取 $L_q=0$。n、T 值与车辆构造及弹簧装置性能有关，由于国内外均缺少研究资料，为了避开这一问题，通常将 n、T 及系数 3.6 一并考虑，取为一个具有时间量纲的量 τ，$\tau=nT/3.6$，则式(37)可改写为：

$$L_j \geq \tau V_{max} \tag{38}$$

本规范综合考虑我国铁路工程与运营实践的经验和教训及国际铁路联盟 UIC 的建议值，并适当提高旅客列车设计最高行车速度为 160km/h 的标准，选取 τ 值并据此计算圆曲线或夹直线最小长度，见表 27。

表 27 圆曲线或夹直线最小长度

V_{max} (km/h)		160		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
τ		0.8	0.5	0.8	0.5	0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4
L_j (m)	计算值	128	80	112	70	72	48	60	40	48	32
	采用值	130	80	110	70	80	50	60	40	50	30

2 改建既有线和增建第二线时的圆曲线和夹直线最小长度。改建既有线和增建第二线的并行地段，一般应采用上述圆曲线和夹直线标准，考虑到既有线的圆曲线和夹直线最小长度标准，有的偏小，如一律按上述新建铁路标准要求，势必引起大量废弃工程，尤其是反向曲线地段。故规定在曲线毗连和受桥隧建筑物等限制的特殊困难条件下，按上述标准引起巨大工程时，旅客列车设计行车速度小于 100km/h 的地段，并有充分的技术经济依据时，圆曲线长度和夹直线长度可不受表 3.1.6 规定的数值限制，但不得小于 25m。这是考虑到按轮轨接触条件，当车辆通过圆曲线和夹直线时，至少在一瞬间，能使车辆处于水平位置(即不使车辆的两转向架同时位于两缓和曲线上)，故圆曲线和夹直线最小长度不应小于车辆全轴距 18m，考虑一定余量取为 25m。

3.1.7 第二线位置在区间换侧，除增加施工与行车干扰外，运营初期，在第一、二线行驶的列车均需要通过新老路基交接处的土层软硬变化段，对行车与养护均不利。在车站换侧虽无上述缺点，但除技术作业站(如编组站、区段站、补机站、给水站等)因列车须停站不致影响行车外，其他车站由于列车侧向通过道岔，从而影响行车速度，增加列车摇晃，使旅客感到不适。因此，增建的第二线宜在整个区段内选在既有线的同一侧。

当线路受桥梁、隧道或其他情况限制，第二线必须换侧时，如在区间直线地段进行，除以上缺点外，还需增加一对反向曲线，因而恶化了线路平面。如区间无合适的曲线可供选用时，则可在车站附近结合车站线间距加宽，采用增设反向曲线的办法换侧(见图 3)，它比在区间直线上换侧的平面条件好，对行车速度的影响也小，但如前所述，应优先在技术作业站进行。

I
II
I
II

图 3 利用车站采用增设反向曲线换侧方法示意图

3.1.8 本条文按路段设计速度和行车要求分别制定第一、二线曲线线间距加宽值及第二、三线曲线线间距加宽值。

1 区间直线地段最小线间距。

1）区间直线地段第一、二线最小线间距。

①据广铁局及天津客运段统计资料，区间直线地段旅客列车最高行车速度接近160km/h时，门窗玻璃破损发生频率较高。根据几大干线提速经验表明，当区间直线地段旅客列车最高行车速度不大于140km/h时，列车交会运行未出现门窗破损现象。这说明目前我国铁路干线运行的各型机车车辆可以承受140km/h交会时产生的会车压力波最大值(0.9kPa)，本规范采用该值为允许的会车压力波最大值。根据广深线和铁科院环形试验线多次试验研究成果，区间路基地段直线线间距由4.0m放宽到4.2m时，会车压力波约降低20%左右，可控制在0.9kPa以内，能够保证行车安全。故本规范区间直线地段当旅客列车最高行车速度为160km/h时，第一、二线线间距暂定为4.2m。改建既有线及增建第二线，当最高行车速度为160km/h时，区间正线最小线间距可保持4.0m，但应采用必要措施防止会车时引起客车车窗玻璃破损及敞车篷布飞扬等情况的发生。由于目前缺乏行车速度160km/h旅客列车运行在隧道内的会车压力波试验资料，有关问题尚需进一步试验研究。

②区间直线地段当旅客列车最高行车速度等于或小于140km/h时，第一、二线线间距为4.0m。这是因为两线间不需设信号机和其他标志，仅需保证两线不限速会车。按现行国家标准《标准轨距铁路机车车辆限界》GB 146.1的规定：半宽为1700mm，列车信号限界宽度为100mm，留400mm作为列车间的安全量，得：2×(1700+100)+400=4000(mm)。

根据有关规定，当超限货物列车在双线、多线或并行的单线区间的直线地段会车时，两列车间的最小距离大于350mm者不限速；在300～350mm之间运行速度不得超过30km/h；小于300mm

者禁止会车。如双线区间一线通行一级超限货物列车(半宽为1900mm),另一线通行一般货物列车(半宽为1700mm加车灯100mm)时,列车的间距为:4000－(1900＋1700＋100)＝300(mm)。因此一级超限货物列车与一般列车允许限速30km/h在区间会车,若双线区间一线通行二级超限列车(半宽为1940mm)或超级超限列车时,另一线均不应通过列车。

增建第二线时,对超限货物运输量大而且逐年增多的线路,应结合行车组织措施,在区段内布置若干区间,使之能同时交会超限货物列车。此时,直线地段两线的线间距应不小于4.9m(2×2225＋400＝4850mm),一般采用5.0m,这些区间应选在少占农田、工程简易的区间。

2)区间直线地段第二、三线最小线间距。当区间线路数目为三线或四线时,第二、三线线间距不应小于5.3m。这是因为考虑第二、三线线间需要装设信号机,且可在两线同时通过超限货物列车。最大超限货物列车装载的基本建筑限界半宽为2440mm,加信号机最大宽度410mm,得:2×2440＋410＝5290(mm),采用5300mm。

3)区间直线地段两单线铁路(非双线)并行引入车站时,应考虑装设信号机和通行超限货物列车情况,按计算决定线间距。

2　区间曲线地段线间距加宽值。

1)当曲线两端直线地段采用最小线间距时曲线线间距加宽值。

①区间曲线地段第一、二线线间距加宽。列车在曲线上运行,因为车体为刚体结构不能随线路曲度而弯曲,车体纵向中心线与线路中心线不相吻合,使车体两端向线路外侧偏移,车体中部向线路内侧偏移,同时,由于内外两条线路的曲线超高可能不同,使车体内倾的程度也不同,故与直线地段的线间距相比,曲线地段的建筑限界和相邻两线的线间距应加宽。

现行国家标准《标准轨距铁路建筑限界》GB 146.2规定曲线

上建筑限界加宽公式如下：

曲线内侧加宽值：

$$W_1=\frac{40500}{R}+\frac{H}{1500}h \tag{39}$$

曲线外侧加宽值：

$$W_2=\frac{44000}{R} \tag{40}$$

式中 W_1、W_2——曲线内外侧加宽值(mm)；

R——曲线半径(m)；

H——自轨面至机车车辆限界计算点的高度(mm)，取3850mm；

h——曲线超高(mm)。

外侧线路实设超高(h_w)等于或小于内侧线路实设超高(h_n)时，车体内倾不影响线间距，故线间距加宽值 W(mm)为：

$$W=\frac{40500}{R}+\frac{44000}{R}=\frac{84500}{R} \tag{41}$$

本条文表3.1.8-2"其他情况"栏内数值即按此式计算。

外侧线路实设超高大于内侧线路实设超高时，外侧线路上车体内倾距离大于内侧线路上车体内倾距离，故线间距加宽值 W(mm)为：

$$W=\frac{40500}{R}+\frac{44000}{R}+(h_w-h_n)\frac{H}{1500}=\frac{84500}{R}+2.56(h_w-h_n) \tag{42}$$

式中 W——曲线线间距加宽值(mm)；

h_w——外侧线路曲线计算超高(mm)；

h_n——内侧线路曲线计算超高(mm)。

上式表明：曲线地段线间距加宽值除与曲线半径有关外，还与内、外侧线路实设超高 h_w、h_n 有关，计算内外两线 h_w 和 h_n 的均方根速度又与线路平面和纵断面条件、机车车辆类型、客货列车数量和牵引定数等因素有关。有些因素在设计时不易准确确定。且根

据内外曲线超高逐个计算加宽值过于繁琐，为保证行车安全，考虑曲线超高设置的最不利情况，使线间距有足够的宽度，故本规范根据曲线超高的允许设置范围，以超高上界作为外侧线超高，下界作为内侧线超高，且若 $h_{sup}-h_{inf}\leqslant h_{sup}/2$，并令 $h_{sup}-h_{inf}=h_{sup}/2$。故曲线线间距加宽值按下式计算：

$$W=\frac{84500}{R}+\max\{2.56(h_{sup}-h_{inf}),1.28h_{sup}\} \tag{43}$$

本条文表 3.1.8-2“外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时”栏内数值即按式(43)计算的，式中各计算超高按本说明表 21 取值。

②区间曲线地段第二、三线线间距加宽值。区间曲线地段第二、三线线间距应根据现行国家标准《标准轨距铁路建筑限界》GB 146.2 曲线上建筑限界加宽办法、信号机设置情况和通行超限货物列车的装载限界加宽线间距。

曲线地段两线间设置信号机。第二、三线均通行超限货物列车和曲线上信号机建筑限界要求加宽线间距。即：

$$W=\frac{84500}{R}+\frac{H}{1500}h_w=\frac{84500}{R}+2h_w \tag{44}$$

式中 H——最大级超限货物限界计算点至轨面高度(mm)，按 3000mm 计算。

以本说明表 21 中超高上界 h_{sup} 作为外侧线超高按式(44)计算的结果，即为本条文表 3.1.8-2 中“第二、三线间”栏的数值。

曲线地段两线间不设信号机。按第二、三线均通行超限货物列车不限速会车的限界要求加宽线间距。因不设信号机，故加宽值应减去信号机宽度 410mm。加宽值 W 计算式为：

当 $h_w>h_n$ 时，

$$W=\frac{84500}{R}+\frac{H}{1500}\times(h_w-h_n)-410$$

$$=\frac{84500}{R}+2(h_w-h_n)-410 \tag{45}$$

当 $h_w \leqslant h_n$ 时，

$$W=\frac{84500}{R}-410 \tag{46}$$

上列各式均取 $H=3000$mm，如计算的 W 为负值时，线间距不需加宽，取 W 为零。计算表明，若采用超高的上、下界分别作为外、内侧线的曲线超高，当曲线半径大于或等于 350m 时，式(45)和式(46)的计算结果均不大于 0，即不需加宽。

考虑到第二、三线曲线间是否设置信号机，与闭塞分区的设置有关，而闭塞分区在线路运营后有可能因需要而改变，故本规范规定第二、三线曲线间无论是否设置信号机，均按设置信号机的情况进行曲线线间距加宽。

第一、二线间和第二、三线间的曲线线间距加宽值计算结果见表 28。当采用表列数值间的曲线半径时，曲线线间距加宽值可采用线性内插值，并进整至 5mm。

③区间曲线地段两单线铁路(非双机)的线间距加宽值。应根据装设信号机和通行超限货物列车情况按实际需要计算确定曲线地段的线间距加宽值。

表 28　区间直线地段为最小线间距时曲线线间距加宽值(mm)

线别间		第一、二线间						第二、三线间				
内、外侧线路曲线超高设置情况		外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时					其他情况					
路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140	120	100	80	≤160	160	140	120	100	80
曲线半径(m)	12000	50	35	30	20	15	10	60	50	40	30	20
	10000	60	35	30	20	15	10	70	50	40	30	20
	8000	75	50	35	25	15	10	95	60	50	30	20
	7000	80	65	50	30	20	15	105	85	65	45	35
	6000	80	65	50	35	25	15	115	85	65	45	35
	5000	95	80	55	40	35	15	120	105	75	55	45
	4500	100	85	70	45	40	20	125	110	90	60	50
	4000	100	85	85	55	40	20	135	110	100	70	50

续表 28

线别间		第一、二线间						第二、三线间				
内、外侧线路曲线超高设置情况		外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时					其他情况					
路段旅客列车设计行车速度(km/h)		160	140	120	100	80	≤160	160	140	120	100	80
曲线半径(m)	3500	105	100	90	65	50	25	145	135	115	85	65
	3000	105	100	90	80	65	30	150	140	120	100	80
	2500	125	110	100	100	70	35	175	155	135	125	95
	2000	175	125	115	105	95	40	245	170	150	140	110
	1800	185	135	125	110	100	45	260	185	165	145	125
	1600	195	150	135	125	115	55	275	205	185	165	145
	1400	—	190	150	135	125	60	—	260	200	180	160
	1200	—	210	165	155	135	70	—	290	220	200	170
	1000	—	—	220	175	155	85	—	—	295	225	195
	800	—	—	265	210	190	105	—	—	355	265	235
	700	—	—	—	260	210	120	—	—	—	340	260
	600	—	—	—	295	235	140	—	—	—	380	290
	550	—	—	—	315	255	155	—	—	—	405	315
	500	—	—	—	—	280	170	—	—	—	—	340
	450	—	—	—	—	335	190	—	—	—	—	420
	400	—	—	—	—	365	210	—	—	—	—	450
	350	—	—	—	—	410	240	—	—	—	—	500

2)当曲线两端直线地段的线间距大于最小线间距时曲线线间距加宽值。当曲线两端直线地段的线间距大于最小线间距时，应检算曲线线间距是否应进行加宽，若需加宽，则加宽值按本条文公式 3.1.8-1 计算确定。

3 曲线地段线间距加宽方法。

新建双线或增建第二、三线时，并行地段的曲线线间距加宽一般应采用加长内侧线缓和曲线的方法解决，以节省工程和不恶化线路平面。外侧曲线缓和曲线长度取规定长度 L_w(m)，其内移量 P_w(m)为：

$$P_w = \frac{L_w^2}{24R_w} \tag{47}$$

若线间距加宽 W'(mm)，则内侧曲线加缓和曲线后的内移量 P_n(m)为：

$$P_n = P_w + W' \times 10^{-3} = \frac{L_w^2}{24R_w} + W' \times 10^{-3} \tag{48}$$

内侧线缓和曲线长度 L_n(m)应为：

$$L_n = \sqrt{24R_n(\frac{L_w^2}{24R_w} + W' \times 10^{-3})} \tag{49}$$

式(49)即为本规范公式(3.1.8-2)。计算结果取 10m 的整倍数。

夹直线较短时，两曲线和夹直线地段可按其中较大的加宽值加宽。连续的、集中的小曲线半径地段也可采用同一加宽值来加宽线间距。

3.1.9 本条规定了区间线间距变更方法及其相关的平面标准。

1 车站两端和桥隧地段的线间距变更方法。线间距变更时，应结合具体情况进行，避免过分恶化线路平面和增加养护工作困难。

1)若需要变更的附近有曲线时，可利用曲线变更线间距至需要的宽度。这样可不增加曲线个数，有利于运营养护，设计时应优先采用。

2)如需要变更的附近没有曲线可利用时，可在第二线上加设反向曲线来变更线间距。因增加一组反向曲线，对运营养护不利，不得已时才采用。反向曲线应采用较大半径，并按规定设计缓和曲线及圆曲线和夹直线，以保证行车平稳。

3)在渺无人烟的戈壁荒漠上，若需变更线间距而在较长的线路上无平面曲线可利用时，为避免人为增加反向曲线而恶化运营条件，也可根据实际情况，让区间的线间距与车站内的线间距一致。

2 用反向曲线加宽线间距时对缓和曲线的规定。在第二或第三线直线上加设反向曲线加宽线间距，如图 4 所示，若加宽值较

小（如小于 1m），则反向曲线的偏角 α 也较小，能否设置缓和曲线将受圆曲线和夹直线最小长度标准的控制。

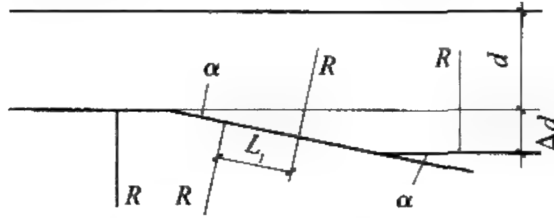


图 4　反向曲线加宽线间距示意图

图中，设反向曲线的每一曲线半径同为 R(m)，夹直线长度为 L_1(m)，线间距加宽为 Δd(m)，曲线偏角为 α。

考虑一般情况，即设置长度为 l_0(m)的缓和曲线，令圆曲线的内移量为 p(m)，切垂距为 m(m)，则 p、m 可分别按下式计算：

$$p=\frac{l_0^2}{24R} \tag{50}$$

$$m=\frac{l_0}{2} \tag{51}$$

由图 4 得：

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{\sqrt{(2m+L_1)^2+4(R+p)\Delta d-\Delta d^2}-(2m+L_1)}{4(R+p)-\Delta d} \tag{52}$$

与圆曲线最小长度 L_{Ymin}(m)相对应的曲线偏角 $\alpha_{\min}$ 按下式计算：

$$\alpha_{\min}=\frac{180(L_{\mathrm{Ymin}}+l_0)}{\pi R} \tag{53}$$

当式(53)算得的 α 不小于式(54)算得的 $\alpha_{\min}$ 时，才能保证圆曲线最小长度。

现以常见的线间距由区间 4m 加宽至站内 5m(160km/h 时为由区间 4.2m 加宽至站内 5m)加宽 $\Delta d=1$m(0.8m)为例，设和不设缓和曲线时满足 $\alpha\geqslant\alpha_{\min}$ 的最小曲线半径 $R_{\min}$ 的计算结果分别见表 29 和表 30。

表 29 $\Delta d=1.0\text{m}(0.8\text{m})$加设缓和曲线时满足圆曲线最小长度要求的最小曲线半径

V_{max} (km/h)	160		140		120			100			80			
工程条件	一般	困难	一般	困难	一般	困难		一般	困难		一般		困难	
R(m)	12000	12000	12000	12000	12000	10000	8000	12000	8000	6000	10000	8000	5000	4000
l_0(m)	40	30	30	20	20	20		20	20		20		20	
L_{Ymin}(m)	130	80	110	70	80	50		60	40		50		30	
L_j(m)	130	80	110	70	80	50		60	40		50		30	
$\alpha(')$	12.8	16.4	17.2	21.0	20.2	24.4	26.2	21.9	27.6	30.4	24.4	26.2	34.4	37.0
$\alpha_{min}(')$	48.7	31.5	40.1	25.7	28.6	24.1	30.1	22.9	25.8	34.4	24.1	30.1	34.4	43.0
R_{min}(m)	>12000	>12000	>12000	>12000	>12000	10000		>12000	8000		10000		5000	

注:旅客列车最高行车速度 $V_{max}=160$km/h 时,$\Delta d=0.8$m。

表 30 $\Delta d=1.0\text{m}(0.8\text{m})$不设缓和曲线时满足圆曲线最小长度要求的最小曲线半径

V_{max} (km/h)	160		140			120			100				80			
工程条件	一般	困难	一般	困难		一般	困难		一般		困难		一般		困难	
R(m)	12000	12000	12000	10000	8000	12000	5000	4000	8000	6000	4000	3000	5000	4000	1800	1600
L_{Ymin}(m)	130	80	110	70		80	50		60		40		50		30	
L_j(m)	130	80	110	70		80	50		60		40		50		30	
$\alpha(')$	15.1	18.9	19.4	24.4	26.2	21.9	34.4	37.0	27.6	30.4	39.8	43.9	34.4	37.0	57.3	59.6
$\alpha_{min}(')$	37.2	22.9	31.5	24.1	30.1	22.9	34.4	43.0	25.8	34.4	34.4	45.8	34.4	43.0	57.3	61.5
R_{min}(m)	>12000	>12000	>12000	10000		>12000	5000		8000		4000		5000		1800	

注:旅客列车最高行车速度 $V_{max}=160$km/h 时,$\Delta d=0.8$m。

由表 29 和表 30 可知,加设缓和曲线时,能保证圆曲线最小长度要求的最小曲线半径都很大,不设缓和曲线时,能保证圆曲线最小长度要求的最小曲线半径明显减小。

但还应考虑圆曲线不设缓和曲线时旅客舒适度的要求。

设有缓和曲线时，欠超高是在缓和曲线全长上递变的，其变化率在旅客舒适度允许限度内。不设缓和曲线时，列车通过直圆点或圆直点时，欠超高在短时间内产生或消失，其时变率受旅客舒适度的限制，可根据允许的欠超高时变率利用本说明式(36)来确定不设缓和曲线的最小曲线半径。

把直线看作是半径为∞(曲率为0)的圆曲线，因此，不设缓和曲线而使圆曲线与直线直接相连的最小圆曲线半径 R 为：

令 $R_1=R, R_2=\infty (1/R_2=0)$

代入式(36)并整理得：

$$R \geqslant \frac{11.8V_{max}^3}{3.6L(b+0.5f)} \quad (54)$$

根据本规范所采用的计算参数 b、f 值及满足式(55)的最小圆曲线半径 R_{min}，计算结果见表31。

表31 不设缓和曲线时受旅客舒适度限制的最小曲线半径

V_{max}(km/h)		160		140		120		100		80	
工程条件		一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
L(m)		24.0		24.0		24.0		24.0		24.0	
b(mm/s)		40	45	45	52.5	45	52.5	45	52.5	45	52.5
f(mm/s)		31	35	32	36	32	36	32	36	32	36
R_{min}(m)	计算值	10080	8950	6144	5316	3869	3348	2239	1937	1146	992
	取值	12000	10000	8000	6000	4000	4000	2500	2000	1200	1000

比较表30与表31知，采用反向曲线加宽线间距时，不设缓和曲线的最小圆曲线半径受圆曲线最小长度的控制，而不受旅客舒适度要求的限制。因此，将表30中“困难”栏所对应的最小曲线半径值，作为采用反向曲线加宽线间距时，受圆曲线最小长度限制而不设缓和曲线的最小圆曲线半径标准，但路段设计速度为80km/h时的半径标准由1800m提高到3000m。

3 并行两线采用反向曲线变更线间距时的圆曲线和夹直线长度。

并行两线采用反向曲线变更线间距值较小时，两反向圆曲线及夹直线的长度可能受曲线偏角的限制，不能满足本规范表3.1.6的要求。

仍以常见的线间距加宽 $\Delta d = 1\text{m}(0.8\text{m})$ 为例，圆曲线长度 L_{Ymin} 和夹直线长度 L_j 按本规范表 3.1.6 规定的数值或 20m 的不同组合取值，在不设和加设缓和曲线（其长度 l_0 取本规范表 3.1.5-1中的相应标准值）时满足 $\alpha \geqslant \alpha_{min}$ 的最小圆曲线半径 R_{min}(m)的计算结果见表 32。

表 32　圆曲线和夹直线最小长度不同组合时不受曲线偏角限制的最小曲线半径(m)

V_{max}(km/h)			160		140		120		100		80	
L_0(m)	L_j(m)	L_{Ymin}(m)	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难	一般	困难
取标准值	取标准值	取标准值	>12000	>12000	>12000	>12000	>12000	10000	>12000	8000	10000	5000
	20	取标准值	>12000	>12000	>12000	>12000	>12000	8000	10000	6000	8000	5000
	20	20	12000	10000	8000	6000	6000	5000	5000	4000	4000	4000
	取标准值	20	>12000	12000	10000	8000	8000	5000	5000	4000	5000	4000
0	取标准值	取标准值	>12000	>12000	>12000	10000	>12000	5000	8000	4000	5000	1800
	20	取标准值	>12000	10000	>12000	8000	8000	4000	5000	2500	4000	1600
	20	20	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	取标准值	20	4000	2500	3000	1800	2000	1400	1600	1200	1400	1000
舒适度要求的半径			12000	10000	8000	6000	4000	4000	2500	2000	1200	1000

由表 32 知：

1）在加设缓和曲线的情况下：当圆曲线长度取标准值时，有近半数的最小半径在 12000m 以上；当圆曲线长度取 20m 时，最小半径的最大者为 12000m、最小者为 3500m，但夹直线也取 20m 与取标准值时相比，其改善程度不是很大。

2)在不设缓和曲线的情况下：当圆曲线长度取标准值时，其最小半径均大于旅客舒适度要求的最小半径，但在路段设计速度为160km/h，最小半径在12000m以上；当圆曲线长度取20m时，最小半径基本受旅客舒适度要求的最小半径限制。

另外，计算表明，当线间距加宽值$\Delta d=0.3$m（由5.0m加宽至5.3m）时，在不设缓和曲线的情况下，若圆曲线和夹直线均采用本规范表3.1.6规定的最小长度时，最小半径基本在12000m以上，即无法采用反向曲线加宽线间距；若圆曲线长度取20m，则对应于路段设计速度160km/h、140km/h、120km/h、100km/h、80km/h的最小曲线半径分别为：一般12000m、10000m、8000m、6000m、5000m；困难8000m、6000m、5000m、4000m、4000m。

综上分析，本次规范修订考虑到当旅客列车行车速度大于或等于100km/h时，对旅客舒适度要求较高。为创造较为理想的行车运营条件，规范规定：相邻两线采用反向曲线变更线间距时，若受曲线偏角限制难于采用本规范表3.1.6规定的上述圆曲线最小长度标准时，对旅客列车行车速度小于100km/h的地段，可采用较短的圆曲线，但不得小于20m。

3.1.10 本条说明如下：

桥梁设在直线上对设计、施工、运营、养护以及流水条件等都有利。如设在曲线上，可能限制行车速度，并产生列车运行不平稳、线路易产生变形、钢轨磨耗加剧、养护工作增加等弊病。而桥上更换钢轨整正曲线较为困难；线路变形易造成过大偏心，不利桥墩受力；桥上限速、施行制动和行车摇摆，对桥梁本身和行车安全不利。因此，设计桥位的线路平面时，宜将桥梁（尤其是特大桥、大桥）布置在直线上，在地形困难、地质不良、受车站站坪影响等困难条件下，为避免工程过大，特大桥、大桥必须设在曲线上时，宜采用较大曲线半径，以减少不利影响。采用小曲线半径，除上述弊病加剧外，还会出现一些其他问题，如增加架桥施工困难，并可能影响合理桥梁跨度的采用等。根据曲线维修养护、减轻钢轨磨耗以及

不限制行车速度等要求，特大桥、大桥上曲线半径不应小于本规范表 3.1.1 所规定的各级铁路不同路段旅客列车设计行车速度下的最小曲线半径标准。特殊困难条件下，采用小于上述标准的曲线半径时，应从线路和桥梁等方面比选，经鉴定审批，审慎选用。

桥头引线（特别是特大桥和大桥的引线）应不低于桥上线路平面标准，困难条件下，为避免工程过大，桥头引线的曲线半径可以减小，但不应小于本规范表 3.1.2 所规定的不同路段旅客列车设计行车速度下的最小曲线半径的“困难”标准。为保证桥头路基稳定，如桥头引线曲线外侧迎向水流上游时，应将曲线推移到洪泛线外，以免因桥头产生回流形成水袋。

明桥面桥应设在直线上。如设在曲线上，则线路很难固定，轨距不易保持，影响运营安全，在换铺轨枕时，曲线超高也难于处理。明桥面桥上曲线超高靠桥枕调整，或将墩台支承垫石做成部分超高，其余超高仍需桥枕调整。当桥枕高度不够时，还需将两根桥枕重叠做到楔形。同一座桥梁如在反向曲线上，列车过桥时，将产生剧烈摆动，影响运营安全。同时，由于线路养护维修拨道不易正确就位，梁上产生偏心，有害桥梁受力。尤其明桥面桥超高更难调整，故明桥面桥不应设在反向曲线上。如不得已而设在反向曲线上时，应尽可能设计较长的夹直线。同时考虑到若明桥面桥设在缓和曲线上，因外轨超高逐渐变化，给施工、养护和维修增加更大困难，故本规范增加明桥面桥“不宜设在缓和曲线上”的规定，予以限制。因此，只有在特殊困难条件下，确有技术经济依据时，方可将跨度大于 40m 或桥长大于 100m 的明桥面桥设在半径小于 1000m 的曲线上。

3.1.11 隧道的施工、运营、养护及改建等工作条件不如明线，尤其小曲线半径隧道、曲线隧道群及长隧道问题更为突出。据施工、运输、工务等部门反映：内燃或蒸汽牵引铁路的曲线隧道，自然通风条件一般不如直线隧道，有害气体难于排出，不利养护人员身体健康，并增加轨道的锈蚀和污染。为了保证隧道建筑限界要求和正常的行车条件，需经常检查线路平面和水平，曲线隧道的维修作业量和

难度均比直线隧道为大，2～3km 以上的隧道，维修人员平均每年有4～6 个月的时间在洞内工作。故从通风、采光、减少施工困难、改善乘务员和维修养护人员工作环境及瞭望条件，简化洞内维修作业并缩短时间以及提高行车速度等方面来看，直线隧道都比曲线隧道优越。因此本条规定：隧道宜设在直线上；如因地形、地质等条件限制必须设在曲线上时，曲线宜设在洞口附近并采用较大的曲线半径。

根据运营经验，反向曲线的维修养护比同向曲线更为复杂，列车运行也不如同向曲线平稳，当夹直线较短时，这些缺点更为显著。因此，隧道不宜设在反向曲线上。

3.1.12 站坪长度包含到发线有效长和咽喉区长度及车站咽喉区两端最外道岔及其他单独道岔（直向）至曲线超高顺坡终点之间的直线长度，设计时对站坪平面长度要考虑长远发展的需要。站坪坡度长度在站坪范围内一般宜设计为一个坡度的坡段。

本规范表 3.1.12 规定的会让站、越行站、中间站和区段站站坪长度是按现行国家标准《铁路车站及枢纽设计规范》GB 50091（以下简称《站规》）的规定图型计算的。复杂的中间站、区段站及编组站，其站坪长度可按实际需要计算确定。

站坪长度按正线上采用基本宽度为 380mm 的高柱信号机，到发线上采用两机构矮型色灯出发信号机。正线上除越行站、双线中间站两正线间的一条正线采用 18 号道岔外，其余均采用 12 号道岔计算的单机牵引站坪长度。当越行站、双线中间站采用其他型号道岔组成，其站坪长度见表 33。

表 33 越行站、双线中间站站坪长度表

车站种类	咽喉区两正线间每端单渡线条数	道岔号数	站坪长度(m)		
			1050	850	750
越行站	1	12	1550	1350	1250
	2	18+12	1850	1650	1550
	2	12+12	1750	1550	1450
中间站	2	12+12	1850	1650	1550

本规范表 3.1.12 内的站坪长度未包括站坪两端竖曲线长度以及双机或多机牵引应增加的长度，故应根据具体条件增加。如有其他铁路接轨，也应按需要增加。

3.1.13 本次修订增列了路段旅客列车设计行车速度为 160km/h 的区段站和中间站的曲线半径标准。

1 一般规定及车站曲线半径标准。

车站设在曲线上有以下主要缺点：

1）站内瞭望视线不良，使接发车、调车及列检作业等复杂化，值班员、车长、调车员、司机之间信号联系条件恶化，不仅增加中转信号时间，降低效率，还容易误认信号，造成行车事故。

2）影响作业安全，尤其在夜间照明设备不良的情况下或雪天，作业极不安全。

3）增加列车起动阻力。

4）作业繁忙的车站需增加辅助的行车人员及列检人员。

5）由于曲线车站调车作业不能使用铁鞋制动，列检人员检修车辆及换闸瓦有时需移到直线上进行，作业受限制。

鉴于曲线车站的上述缺点，并考虑到区段站的作业量远大于中间站、会让站和越行站，故本条规定：区段站应设在直线上，中间站、会让站和越行站宜设在直线上。

尽管车站设在曲线上存在许多缺点，但在困难条件下，尤其在地形复杂的山区，车站设在曲线上是不可避免的，如某线 120 多个车站，有 74 个中间站设在曲线上。

困难条件下车站曲线的最小半径标准主要从作业要求及满足行车速度、养护维修要求和技术经济合理性等因素确定。

根据现场调查情况分析，结合以往规范和运营实际情况，并满足车站作业和旅客列车以路段设计速度通过车站的需要，本规范规定，在困难条件下中间站、越行站、会让站设在曲线上时，其曲线半径不应小于本规范表 3.1.13 规定的最小曲线半径。考虑到有些铁路的中间站、会让站客货运量小，行车密度与速度均较低且车

站作业较少，故在特殊困难条件下，路段设计速度小于或等于80km/h时，允许其车站站坪设在半径为600m的曲线上。

区段站上列检作业、特别是调车作业较其他类型的车站多，为改善车站运营条件，并兼顾旅客列车以设计最高行车速度通过的可能，故规定，当旅客列车设计最高行车速度为160km/h和140km/h时，曲线半径分别不得小于1600m和1200m，其余速度下不得小于800m。

2 改建车站的曲线半径标准。改建车站时，一般情况下曲线半径应符合上述标准。若受既有设备及车站两端大型桥、隧等建筑物的控制，改建有特殊困难时，可保留低于上述规定的曲线半径，以免改建施工时严重干扰运营或引起巨大工程。为慎重起见，应有充分依据。

3 车站设置在反向曲线上的要求。横列式车站不应设在反向曲线上，因车站设在反向曲线上会使瞭望条件更加恶化，各项作业更加困难，不仅作业效率低，而且易造成晚点，甚至造成事故。纵列式车站如设在曲线上，则每一运行方向的到发线有效长度范围内的线路不应设置反向曲线，因反向曲线对接发列车及调车作业等极为不利。

4 对车站曲线偏角的要求。车站曲线的偏角和半径的选择，既要适应地形、地质等工程条件，又要满足运输的要求，使运营条件尽可能好些。在选线时首先应力求曲线偏角小些，但偏角大小往往受工程条件的限制，不易任意选择，这时就产生了在一定偏角条件下选择半径大小的问题。

运营实践和研究分析表明，在满足一定的车站作业视线要求的情况下，车站曲线的偏角与半径之间存在有最佳匹配，且与运转室在曲线的内、外侧有关，其一般规律是最佳半径随偏角的减小而增大。由此可知，采用较小的偏角有利于较大半径的选用；当半径一定时，与其具有最佳匹配的偏角的范围也随之确定，而并非越小越好。

因此，本款规定，车站曲线宜采用较小的偏角。

5 车站咽喉区范围内的正线应设在直线上。因为咽喉区内的正线有较多道岔，道岔设在曲线上有严重缺点：如尖轨不密贴且磨耗严重；道岔导曲线和直线部分不好联结；轨距复杂不好养护；列车通过时摇摆厉害且容易脱轨；道岔需特别设计制造。所以，车站咽喉区范围内的正线，无论新建或改建均应设在直线上。

车站咽喉区两端最外道岔及其他单独道岔是指车站上衔接正线的某一咽喉区两端最外一组道岔或区间上的线路所等道岔区的两端最外道岔。由于车站咽喉区道岔以外正线上道岔直向行车速度较高，道岔（直向）与曲线之间设有一定长度的直线段过渡，可减少列车通过时产生的震动和摇晃。此过渡段最小长度，当路段设计速度大于 120km/h 时，不得短于两节客车两转向架间的距离。按 25K 型客车计算，需要的最小长度为 2×18＋7.6＝43.6(m)，减去 12 号道岔尖轨尖端前基本轨长 2.85～2.92m 后，该最小长度为 43.6m－2.85m（或 2.92m）＝40.75m～40.68m，进整后取 40m。困难条件下，按一节客车全长考虑，故规定为 25m。当路段设计速度等于或小于 120km/h 时，不得短于一节客车两转向架间的距离，以避免两转向架同时分别处于曲线和道岔上。客车两转向架的最大距离为 18m，进整后取 20m。

3.2 纵 断 面

3.2.1 本条主要根据铁一院和西南交通大学完成的铁道部建设司工程建设科研项目《铁路最大坡度的研究》（铁建科 93-3）成果，按铁路等级、牵引种类和地形类别分别制定限制坡度最大值的标准，充分体现了坡度适应地形、移动设备与固定设备协调配套和机车牵引力与线路标准综合优化的设计思想，在保证行车安全和满足运输要求的前提下，增大了限制坡度选择的灵活性，为节约工程投资创造了更好的条件。

1 限制坡度的选择。限制坡度是影响铁路全局的主要技术标准。它不仅对线路走向、长度和车站分布有很大影响，而且直接

影响运输能力、行车安全、工程费与运营费。

影响限制坡度选择的因素如下：

1)铁路等级：铁路等级高，线路意义大，客货运量大，安全、舒适要求高，限制坡度宜小。

2)牵引种类和机车类型：电力牵引比内燃牵引的计算牵引力大，计算速度高，牵引定数大，满足相同运能要求时的限制坡度比内燃牵引的大。大功率机车的牵引力大、牵引定数大，满足相同运能要求的限制坡度比小功率机车的大。

3)地形类别：限制坡度适应地形时，线路长度短、工程投资省。否则需额外增加展线，增大工程费与运营费。

4)运输需求：其他条件相同时，客货运量大的线路要求较小的限制坡度。

5)邻线的牵引定数：限制坡度选择应考虑使设计线与邻接铁路的牵引定数相协调。统一牵引定数可避免列车换重作业，加速机车车辆周转，提高运营指标并增加运输的机动性。牵引定数统一、协调的方法可采用与邻接线路相同的限制坡度和机型，也可采用与邻接线路不同的限坡，而用不同的机型来调整。

因为影响限制坡度选择的因素众多，而不同决策的经济效益出入甚大，且限制坡度在线路建成后不易改动，故应根据铁路等级、地形类别、牵引种类和运输要求比选确定。一条长大干线所经地区的地形类别差异较大时，可在地形困难地段采用加力牵引坡度，也可分若干区段选择不同的限制坡度，用调整机型的方法统一、协调全线的牵引定数。

2 限制坡度最大值。本规范限制坡度最大值是根据以下条件确定的。

1)与我国的地形条件相适应。我国是多山国家，山区占国土总面积的65%。西南为地形复杂的典型地区。铁二院对川、滇、黔、藏四省区的地形统计资料表明，河床自然纵坡小于4‰者占36%，4‰～8‰者占41%，8.1‰～15‰者占17%，大于15‰者占

6%。滇藏线经行地区的河床自然纵坡为10‰～30‰。Ⅰ级铁路运能要求大，限制坡度最大值取15‰，Ⅱ级铁路运能要求较小，限制坡度最大值取20‰可适应我国的地形条件。更大的限制坡度除不易满足运能要求外，也不安全、经济，此时，采用加力牵引坡度更为有利。

2)与要求的运能相适应。设计线应能满足需要的运输能力。线路的运输能力由牵引种类、机车类型、限制坡度、到发线有效长度和控制区间距离及闭塞方式决定。本规范确定限制坡度最大值时是根据下列条件计算的。

①牵引种类：因蒸汽机车已停产多年，新建铁路已不再按蒸汽牵引设计，故采用电力、内燃牵引。

②机车类型：我国国产货运机车有以下类型。

电力机车：本规范取 SS_1、SS_3、SS_{6B}、SS_4 与 SS_{4B} 为代表机型。

内燃机车：本规范取 DF、DF_4、DF_{4B}、DF_{4C}、DF_8 作为代表机型。

③到发线有效长度：根据计算确定，但不大于1050m。

④控制区间距离：我国铁路区间距离为8～12km，平均9.5km。本说明取控制区间为10km、12km、14km计算。

⑤闭塞方式：新建单线采用半自动闭塞。

电力与内燃机车牵引的可能输送能力分别见表34和表35。

表34 电力机车可能的输送能力(Mt/年)

I_x(‰)	机型 / S_k(km)	SS_1	SS_3	SS_{6B}	SS_4	SS_{4B}
6	10	33.3	36.7	39.1	46.6	46.1
	12	28.9	31.9	34.0	40.6	40.2
	14	25.4	28.2	30.1	35.9	35.5
9	10	22.9	25.3	27.1	33.3	33.0
	12	19.8	22.0	23.5	29.0	28.7
	14	17.5	19.4	20.8	25.7	25.3

续表 34

I_x(‰)	机型 / S_k(km)	SS_1	SS_3	SS_{6B}	SS_4	SS_{4B}
12	10	17.5	19.2	20.4	26.0	25.7
	12	15.2	16.6	17.7	22.6	22.3
	14	13.3	14.7	15.6	20.0	19.7
15	10	13.9	15.0	16.5	20.6	20.4
	12	12.0	13.0	14.3	17.9	17.7
	14	10.6	11.4	12.6	15.8	15.6
18	10	11.2	12.1	13.2	17.2	17.0
	12	9.7	10.5	11.5	14.9	14.7
	14	8.5	9.2	10.0	13.1	13.0
20	10	9.9	10.7	11.7	15.2	15.5
	12	8.5	9.3	10.1	13.2	13.4
	14	7.5	8.1	8.9	11.6	11.8
25	10	7.6	8.3	8.8	11.3	12.0
	12	6.5	7.1	7.6	9.8	10.3
	14	5.7	6.2	6.7	8.6	9.1

表 35　内燃机车可能的输送能力(Mt/年)

I_x(‰)	机型 / S_k(km)	DF	SF_{4B}	DF_{4C}	DF_8
6	10	14.1	27.5	28.0	32.3
	12	11.8	23.2	23.8	27.6
	14	10.1	20.0	20.6	24.1
8	10	10.9	21.0	21.5	24.8
	12	9.2	17.7	18.2	21.2
	14	7.9	15.3	15.8	18.5

续表 35

I_x(‰)	机型 / S_k(km)	DF	SF_{4B}	DF_{4C}	DF_8
9	10	9.8	18.7	18.9	22.4
	12	8.2	15.8	16.1	18.8
	14	7.0	13.6	13.9	16.4
12	10	7.2	14.0	14.3	16.7
	12	6.0	11.8	12.2	14.3
	14	5.2	10.2	10.5	12.4
15	10	5.7	11.1	11.2	13.0
	12	4.8	9.3	9.5	11.2
	14	4.1	8.0	8.2	9.7
18	10	4.6	9.1	9.4	10.6
	12	3.8	7.7	7.9	9.1
	14	3.3	6.6	6.9	7.9

由表 34 与表 35 可知：采用本规范表 3.2.1 所列的限制坡度最大值，可以满足本规范第 1.0.4 条规定的各级铁路的运量要求，但山区 I 级铁路采用 12‰限坡和内燃牵引时，需适当缩短站间距离。

3）保证行车安全。列车在坡道上运行应满足上坡不断钩、下坡有充分制动力的安全要求。

根据铁科院铁建所对线路纵断面连接标准的研究，我国现有的电力或内燃机车，当牵引质量在 5000t 以下，以不同的工况在相应的限制坡度坡段上运行，其产生的列车最大纵向力，不会造成车钩断构。

根据铁一院与西南交通大学在《铁路最大坡度的研究》中所做的计算，不同机型的制动力（B_J+B_k）与下滑力（F_s）的比值见表 36。

表 36　制动力与下滑力比值

限坡(‰) \ 机型	SS_4	SS_3	SS_1	DF_8	DF_4	DF
12	—	—	—	2.7	2.6	2.5
15	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1
18	2.7	2.5	2.4	2.1	2.0	1.9
20	2.6	2.4	2.3	—	—	—
25	2.5	2.3	2.3	—	—	—

计算表明:电力机车电阻制动力较大,可提供下滑力 94%以上的制动力。内燃机车电阻制动力较小,仅能提供下滑力 50%~60%的制动力。但动力制动力与空气制动力之和与下滑力的比值:电力机车在限制坡度最大值 25‰时达 2.3 以上,内燃机车在限制坡度最大值 18‰时达 1.9 以上。可充分满足制动需要。

电力与内燃机车因有动力制动,不仅可使长大下坡道上运行的列车保持比单纯使用周期空气制动力法高得多的运行速度,也可大大减少闸瓦磨耗及压缩空气消耗量。在空气制动机缓解充风时,继续使用电阻制动还可延缓升速时间,避免由于充风时间不足、制动力降低而引起的制动失控事故。

可见,本条文表 3.2.1 所列的限制坡度最大值是可以保证行车安全的。

4)经济合理。在满足运输要求和保证行车安全的前提下,会有各种可行的限制坡度方案,但经济效果将有较大差异。铁一院与西南交通大学在《铁路最大坡度的研究》中,根据系统工程原理和综合优化方法,把与运能及技术密切相关的限制坡度、到发线有效长度、站间距离作为设计变量,以安全、运能及技术方面对限制坡度、到发线有效长度、站间距离的要求作为约束条件,建立以换算工程运营费为目标函数的数学模型,求得了换算工程运营费为最小时的各种机型、不同地形、满足各级铁路临界运能要求的经济限制坡度见表 37,其中的下限与上限分别为小功率和大功率机车的经济限制坡度。

表 37　经济限制坡度(‰)

铁路等级		Ⅰ			Ⅱ		
地形类别		平原	丘陵	山区	平原	丘陵	山区
牵引种类	电力	6～9	8～12	12～18	7	14	18～20
	内燃	4～6	6～9	8～12	5～8	9	9～16

综合以上运能、安全与经济等各方面要求，得出限制坡度最大值，即本条文表 3.2.1。

3.2.2　本条文充分体现了坡度适应地形、移动设备与固定设备协调配套和机车牵引力与线路标准综合优化的设计思想，在保证行车安全和满足运输要求的前提下，增加了加力牵引坡度选择的灵活性，为节约工程投资创造了更好条件。

1　加力牵引的采用。在高程障碍比较集中的越岭展线地段，若用较小的限制坡度，则会引起大量展线，额外增大工程；若用较大限制坡度，又会满足不了运输需要。此时，采用加力牵引坡度不仅可适应地形，缩短线路长度，大量减少土石方和桥隧工程，而且可以提高输送能力，还可能降低全线的限制坡度，减少列车对数、提高行车速度，因而在一定程度上改善全线运营条件。但加力牵引也存在下列缺点：

1）增加机车台数和运输管理的难度。

2）延长到发线有效长度，增加部分整备设备。

3）采用补机推送时，要求用坚固的四轴守车，以防止将其挤坏或顶出，因而增加编组时挑选守车的作业困难。

由于加力牵引存在上述缺点，往往形成控制既有线进一步提高输送能力和运输效率的关键。因此，加力牵引应根据地形、工程和运输需求等条件比选确定。

为减少加力牵引的不利影响和运营的困难，加力牵引坡度应集中使用。如仅在个别区间使用加力牵引，加力牵引的起讫站不在区段站或其他有机务设备的车站时，可能需要增加股道或部分整备设备，且机车的维修和管理不便，故加力牵引地段宜与区段站

或其他有机务设备的车站邻接，以减少使用补机引起的投资并改善运营条件。

2 加力牵引坡度的计算公式。加力牵引坡度值应根据多台机车牵引一定质量的列车在此上坡道上的均衡速度达到机车计算速度的条件确定，故规定，加力牵引坡度应根据牵引质量、机车类型、机车台数和加力牵引方式按本规范公式(3.2.2)计算确定。

3 加力牵引坡度最大值。本规范的加力牵引坡度最大值是根据运输能力、运行安全需要和经济合理条件确定的。

1)运输能力需要。加力牵引坡度最大值应能保证满足运能需要。电力和内燃加力牵引坡度最大值分别为30‰和25‰时，不同机型的运输能力见表38。

表38 加力牵引运输能力(Mt/年)

牵引种类		电力			内燃		
加力牵引坡度(‰)		30			25		
控制区间距离(km)	机型 机数	SS_1	SS_3	SS_4	DF	DF_{4B}	DF_8
12	双机	9.5	10.9	15.4	5.2	10.0	11.8
	三机	14.8	16.7	23.1	7.6	15.7	18.4
10	双机	11.1	12.7	17.9	6.2	11.9	13.9
	三机	17.3	19.5	26.9	9.0	18.7	21.7

由表38知，电力与内燃的加力牵引坡度最大值分别为30‰和25‰是可以满足各级铁路运量需要的。

2)运行安全需要。列车在坡道上运行的安全要求为上坡时不断钩、下坡时有充分的制动力。

①不断钩：为保证列车在上坡道上不断钩，要求列车在起动和运行时车钩的拉力不大于车钩允许的强度。

当加力牵引采用重联方式列车质量受车钩强度控制时，可改用补机推送方式运行，故仍可满足不断钩要求。如在30‰加力坡度上，采用大功率机车SS_{4B}时，双机与三机重联的列车质量分别

为 2500t 和 3650t;在 25‰加力坡度上,采用大功率机车 DF_8 时,双机与三机重联的列车质量分别为 2100t 和 3150t。采用补机推送均可满足车钩强度要求。

铁科院所做《列车在坡度道上运行的安全性仿真验证》也证明了加力牵引坡度最大值的安全性。

列车在坡道上运行时不断钩的安全性指标,实际上就是列车在最不利运行工况下,通过由各种最大坡度组成的不同纵断面时的列车纵向力小于现行国家标准《铁道车辆强度设计及试验鉴定规范》TB/T 1335—1996 的规定,即拉力 1125kN,压力 1400kN。

列车运行测试结果表明:列车纵向力的大小,主要取决于牵引种类、机车类型、牵引方式、列车运行工况、列车质量、编组状态和线路纵断面类型。仿真验证选用 SS_3 和 DF_4 主型机车,双机重联满载运行。制动机采用 103 型和 GK 型。纵断面取半凸形、一面坡、凹形和凸形。运行工况取牵引、惰行、缓角、常用全制动和紧急制动的不同组合。铁科院铁建所的仿真验证结果得出以下结论:

a. SS_3 双机牵引列车质量为 4750t 及以下的列车,以一定速度牵引或惰行通过由不同最大坡度组成的半凸形、一面坡、凹形及凸形纵断面所产生的纵向力,均小于现行国家标准《铁道车辆强度设计及试验鉴定规范》TB/T 1335--1996 规定的允许值,可保证列车运行不断钩的安全要求。

b. SS_3 在 30‰坡道上双机牵引 2050t 的列车,如安装 GK 型制动机,紧急制动初速不小于 25km/h 时是安全的;如安装 103 型制动机,则紧急制动初速不小于 20km/h 时是安全的。否则应采用常用全制动,以策安全。

c. SS_3 在 25‰坡道上双机牵引 2500t 的列车,如安装 GK 型制动机,紧急制动初速不小于 50km/h 时是安全的;如安装 103 型制动机,则紧急制动初速不小于 25km/h 是安全的。否则应采用常用全制动,以策安全。因 DF_4 在 25‰坡道双机牵引 2050t 的列车,列车质量比 SS_3 的小,故比 SS_3 双机牵引 2500t 更为安全。

仿真验证表明,电力和内燃加力牵引坡度最大值分别采用30‰和25‰是可以保证不断钩的安全要求的。

②制动力充分:根据本说明第3.2.1条,电力与内燃牵引因有动力制动,配合空气制动,可比单纯使用空气制动大大提高制动力和陡坡运行的安全性。根据铁一院与西南交通大学在《铁路最大坡度的研究》中所做的计算,电力机车在30‰下坡道上运行时,电阻制动力与空气制动力之和是下滑力的2.0~2.2倍;内燃机车在25‰下坡道上运行时,电阻制动力与空气制动力之和是下滑力的1.8~1.9倍。可保证下坡所需的制动力要求。

我国宝成线宝鸡—秦岭间电力牵引与黔桂线内燃牵引的长期运营实践也说明,电力与内燃牵引加力坡度最大值分别采用30‰和25‰是安全的。

3)经济合理。根据铁一院与西南交通大学关于《铁路最大坡度的研究》的科研成果(详见本说明第3.2.1条),经济加力牵引坡度与铁路等级、运能要求、地形类别和机车类型有关。在各级铁路临界运量时,山区的经济加力牵引坡度见表39。

表39 经济加力牵引坡度(‰)

铁路等级	双机						三机			
	SS_1	SS_3	SS_4	DF	DF_4	DF_8	SS_1	SS_3	DF	DF_4
Ⅰ	21~22	22~23	26~30	—	17~18	20~22	29	32	—	26
Ⅱ	33	—	—	17~18	28~29	—	—	—	24~25	—
Ⅲ	34	—	—	22~29	—	—	—	—	—	—

由表39知:经济加力牵引坡度最大值,大体上各级铁路电力牵引为30‰,内燃牵引为25‰。

综合运能、安全和经济各方面要求,各级铁路电力和内燃加力牵引坡度最大值分别取30‰和25‰。

4 同型机车的加力牵引坡度表。

1)加力牵引坡度的计算。同型机车的加力牵引坡度按下式计算:

$$Q=\frac{F_j-P(\omega_0'+i_x g)}{\omega_0''+i_x g} \tag{55}$$

$$i_{j1}=\frac{\sum F_j-(\sum P\omega_0'+Q\omega_0'')}{(\sum P+Q)g} \tag{56}$$

式中 i_{j1}——加力牵引坡度(‰)，以 0.5‰为单位取值；

F_j——机车计算牵引力(N)，根据机车类型和加力牵引方式按《列车牵引计算规程》TB/T 1407 的规定取值：使用重联线操纵时，每台机车牵引力均取全值，分别操纵时，第二台及以后的每台机车牵引力均取全值的 0.98；推送补机均取全值的 0.95；

P——机车质量(t)；

Q——牵引质量(t)，取 50t 的整倍数；

ω_0'、ω_0''——机车计算速度时的机车、车辆单位基本阻力(N/t)；

i_x——限制坡度(‰)。

按式(55)和式(56)计算的各种机车在不同限制坡度下双机、三机牵引的加力牵引坡度见表 40～表 43，其中上限为重联线操纵时的值，下限为补机推送时的值。计算中考虑了加力牵引坡度最大值的限制。

表 40　电力机车双机牵引加力坡度计算(‰)

机型 / 限坡(‰)	SS_1	SS_3	SS_4	SS_{4B}	SS_{6B}	取值
4	8.91～9.18	9.04～9.32	9.09～9.37	9.05～9.32	9.05～9.32	9.0
5	10.84～11.16	10.93～11.25	10.95～11.28	10.90～11.23	10.93～11.26	11.0
6	12.59～12.95	12.78～13.15	12.84～13.21	12.82～13.19	12.82～13.19	12.5
7	14.47～14.88	14.62～15.04	14.60～15.02	14.66～15.08	14.56～14.98	14.5
8	16.38～16.84	16.48～16.94	16.47～16.93	16.47～16.94	16.53～17.00	16.5

续表 40

机型 限坡(‰)	SS_1	SS_3	SS_4	SS_{4B}	SS_{6B}	取值
9	18.15～18.66	18.18～18.69	18.34～18.86	18.28～18.80	18.43～18.95	18.5
10	19.91～20.46	20.23～20.79	20.10～20.66	19.97～20.52	20.05～20.61	20.0
11	21.57～22.16	21.85～22.46	21.87～22.48	21.96～22.57	21.96～22.57	22.0
12	23.51～24.15	23.74～24.40	23.58～24.24	23.63～24.29	23.75～24.41	24.0
13	25.19～25.88	25.37～26.07	25.57～26.27	25.56～26.26	25.29～25.98	25.5
14	27.11～27.85	27.22～27.97	27.40～28.15	27.32～28.07	27.01～27.75	27.5
15	28.55～29.33	28.61～29.39	28.94～29.73	28.81～29.59	28.98～29.77	29.0
16	30.15～30.97	30.95～31.79	30.65～31.49	30.45～31.28	30.45～31.28	30.0

表 41　内燃机车双机牵引加力坡度计算(‰)

机型 限坡(‰)	DF	DF_4	DF_{4B}	DF_{4C}	DF_8	取值
4	8.66～8.91	8.70～8.96	8.80～9.06	8.81～9.07	8.87～9.13	8.5
5	10.50～10.81	10.56～10.86	10.62～10.93	10.61～10.91	10.67～10.98	10.5
6	12.42～12.77	12.44～12.79	12.45～12.80	12.53～12.88	12.59～12.95	12.5
7	14.08～14.48	14.40～14.81	14.34～14.74	14.33～14.73	14.38～14.79	14.5
8	15.82～16.26	16.23～16.68	16.09～16.53	16.15～16.60	16.19～16.64	16.0
9	17.52～18.01	17.90～18.40	17.96～18.46	18.13～18.63	18.15～18.65	18.0
10	19.60～20.14	19.94～20.48	19.93～20.48	19.84～20.39	19.84～20.39	20.0

续表 41

限坡(‰) \ 机型	DF	DF_4	DF_{4B}	DF_{4C}	DF_8	取值
11	21.49～22.08	21.55～22.14	21.49～22.08	21.45～22.04	21.86～22.46	21.5
12	22.96～23.58	23.43～24.06	23.29～23.92	23.33～23.96	23.27～23.90	23.5
13	24.62～25.29	25.05～25.73	25.40～26.09	24.95～25.63	25.43～26.12	25.0
14	26.54～27.26	26.91～27.64	27.24～27.98	26.80～27.53	27.32～28.06	25.0
15	27.60～28.35	28.30～29.06	28.62～29.39	28.94～29.72	28.74～29.51	25.0
16	30.01～30.82	30.67～31.49	30.13～30.94	30.55～31.37	30.30～31.12	25.0

表 42　电力机车三机牵引加力坡度计算(‰)

限坡(‰) \ 机型	SS_1	SS_3	SS_4	SS_{4B}	SS_{6B}	取值
4	13.59～14.12	13.82～14.36	13.93～14.47	13.86～14.40	13.86～14.40	14.0
5	16.32～16.94	16.50～17.12	16.56～17.20	16.50～17.12	16.54～17.17	16.5
6	18.76～19.46	19.09～19.81	19.21～19.94	19.19～19.92	19.19～19.92	19.0
7	21.37～22.16	21.65～22.46	21.67～22.48	21.76～22.57	21.62～22.43	21.5
8	24.00～24.89	24.22～25.11	24.25～25.15	24.27～25.17	24.36～25.26	24.0
9	26.42～27.39	26.54～27.52	26.83～27.82	26.77～27.75	26.97～27.97	26.5
10	28.81～29.86	29.34～30.41	29.22～30.29	29.07～30.14	29.19～30.26	29.0
11	31.03～32.16	31.53～32.68	31.62～32.77	31.78～32.94	31.78～32.94	30.0
12	33.62～34.84	34.06～35.29	33.92～35.16	34.03～35.27	34.19～35.44	30.0

续表 42

限坡(‰) \ 机型	SS_1	SS_3	SS_4	SS_{4B}	SS_{6B}	取值
13	35.84～37.14	36.22～37.54	36.57～37.90	36.61～37.94	36.24～37.56	30.0
14	38.37～39.75	38.67～40.07	38.99～40.40	38.95～40.36	38.54～39.94	30.0
15	40.25～41.70	40.48～41.94	41.01～42.50	40.91～42.39	41.14～42.63	30.0
16	42.32～43.84	43.53～45.10	43.25～44.81	43.07～44.62	43.07～44.62	30.0

表 43　内燃机车三机牵引加力坡度计算(‰)

限坡(‰) \ 机型	DF	DF_4	DF_{4B}	DF_{4C}	DF_8	取值
4	12.99～13.48	13.20～13.70	13.35～13.86	13.37～13.87	13.48～14.00	13.0
5	15.54～16.13	15.83～16.42	15.94～16.53	15.91～16.51	16.04～16.64	15.5
6	18.16～18.84	18.47～19.16	18.51～19.20	18.61～19.30	18.73～19.43	18.5
7	20.42～21.18	21.21～21.99	21.16～21.93	21.11～21.89	21.23～22.01	21.0
8	22.75～23.58	23.73～24.60	23.57～24.43	23.63～24.49	23.73～24.60	23.5
9	25.00～25.92	26.03～26.97	26.16～27.11	26.34～27.30	26.42～27.38	25.0
10	27.73～28.74	28.79～29.83	28.84～29.89	28.68～29.72	28.73～29.77	25.0
11	30.17～31.27	30.97～32.08	30.95～32.07	30.85～31.96	31.45～32.59	25.0
12	32.05～33.21	33.48～34.69	33.37～34.57	33.36～34.56	33.34～34.54	25.0
13	34.16～35.40	35.65～36.93	36.19～37.49	35.51～36.79	36.22～37.52	25.0
14	36.56～37.88	38.10～39.46	38.62～40.00	37.96～39.32	38.71～40.10	25.0

续表 43

机型 限坡(‰)	DF	DF_4	DF_{4B}	DF_{4C}	DF_8	取值
15	37.89～39.25	39.92～41.35	40.43～41.87	40.75～42.21	40.57～42.02	25.0
16	40.84～42.31	43.00～44.53	42.40～43.92	42.84～44.38	42.61～44.13	25.0

综合表 40～表 43 得本条文表 3.2.2。

2)本条文表 3.2.2 的使用限制：

①采用大功率机车 SS_4、SS_{4B}、DF_4、DF_{4B}、DF_8 时，在 4‰限制坡道上，牵引质量将受 1050m 到发线有效长度的限制，故加力牵引坡度应另行计算。

②本条文表 3.2.2 中内燃牵引加力牵引坡度值是按全国大部分地区一般自然条件考虑的。在海拔和周围空气温度超过《列车牵引计算规程》TB/T 1407(以下简称《牵规》)规定的地区，应按《牵规》规定对内燃机车牵引力进行海拔与空气温度修正，加力牵引坡度应另行计算。

③本条文表 3.2.2 所列是按同型机车加力牵引时计算的加力坡度值，若采用不同型的机车加力牵引，其加力牵引坡度应另行计算。

综合考虑本条文表 3.2.2 的上述使用限制和牵引质量可能受到《牵规》规定的其他条件限制，并兼顾到全线采用大功率机车加力牵引(此时加力坡度将大于表列数值)以适应地形、提高运输能力、降低工程投资的可能性，故本条文列出了加力牵引坡度的计算公式，在下列条件下，加力牵引坡度应按本条文式(3.2.2)计算确定：

a. 单机牵引的牵引质量受现行《牵规》规定的检验条件限制；

b. 内燃机车的牵引力需按现行《牵规》规定的条件进行修正；

c. 采用不同类型的机车加力牵引；

d. 全线采用大功率机车加力牵引。

3.2.3 轻重车方向货流显著不平衡，预计将来也不致发生巨大变

化的铁路，如在轻车方向采用较大的限制坡度有较大经济价值时，经过方案比选，可分方向采用不同的限制坡度。I级铁路是路网中的骨干铁路，一般不应采用，仅在特殊困难条件下，有充分技术经济依据时方可考虑采用。

分方向选用限制坡度时，为适应将来货流比发生变化，轻车方向的限制坡度不宜大于重车方向限制坡度相应的双机牵引坡度，以便在轻车方向有可能采用双机或三机牵引时进行补救，为运输方面留有余地。

3.2.4 采用动能坡度在运营上有很多困难。由于气象的变化如暴风雨、大雾、严寒冰冻等，司机操作、列车调度不当和线路大修维修需要减速等原因常易造成列车运行缓慢或中途停车事故，有的每到严寒季节就要减轴运行，所以改建既有线一般不轻易采用动能坡度。如改建既有线按选定的限制坡度削减超限坡地段将引起大型桥隧建筑物改建、长距离改线或其他巨大工程时，通过方案比选，可保留经过运营实践证明货物列车利用动能闯过坡顶而速度不低于计算速度的原有超限坡度。但既有线为双线时，不应妨碍采用自动闭塞。由于纵断面在改建时有所改动或采用削减部分超限坡，或改变机型及相应的牵引定数，则既有线上采用动能坡度要按不低于计算速度闯坡和不妨碍采用自动闭塞的原则进行牵引计算验算。增建第二线时，为了充分利用既有线以减少工程投资，对既有线超过限制坡度的地段，可作为单方向行车的下坡线，但不应妨碍采用自动闭塞。

新建铁路结合地形、地质条件和其他因素，可以做到合理设计，不产生超限坡，且无废弃工程和改建问题，故不应采用动能坡度。

3.2.5 本条说明如下：

1 曲线附加阻力减缓（以下简称“曲线阻力减缓”）。为了保证满轴货物列车在任何地段都能以不低于计算速度运行，如曲线位于或接近最大坡度的坡道上，则应考虑曲线阻力减缓，使加算坡度不大于最大坡度。

曲线阻力 Δi_r 一般通过试验确定。曲线阻力减缓值计算公式见本条文式(3.2.5-1)和式(3.2.5-2)。

当曲线长度大于或等于货物列车长度时：

$$\Delta i_r = \frac{600}{R} \tag{57}$$

当曲线长度小于货物列车长度时：

$$\Delta i_r = 10.5\ \frac{\sum \alpha}{l} \tag{58}$$

式中 Δi_r——曲线阻力所引起的坡度减缓值(‰)；

R——曲线半径(m)；

l——坡段长度(m)，当其大于货物列车长度时为货物列车长度；

$\sum \alpha$——坡段长度(或货物列车长度)内平面曲线偏角总和(°)。

2 考虑到既有线改建可能保留部分限速半径，故在条文说明中，对坡度粘降减缓做如下说明。

1)引起粘降坡度减缓的原因。机车驶入圆曲线后，由于动轮踏面发生横向滑动，且曲线外轨较内轨长，使车轮产生纵向滑动等原因而引起机车粘着系数降低。曲线半径愈小，这种现象愈显著。当机车牵引满轴货物列车，以接近或等于计算速度通过接近最大坡度上的小半径曲线时，由于粘着系数降低使计算粘着牵引力低于计算牵引力，从而产生动轮空转并降低行车速度，严重的会发生坡停事故。为此，需减缓坡度以弥补牵引力的降低。

但是，并不是所有的小半径曲线都需要进行坡度减缓，只有当降低后的计算粘着牵引力小于机车计算牵引力时，才需进行坡度减缓。当列车运行坡道的坡度不是接近最大坡度时，列车的速度往往高于计算速度，机车牵引力相对较小，机车的粘着牵引力有富余，就不需进行坡度减缓。

2)影响机车在小半径曲线上粘着系数降低引起的坡度减缓的

主要因素是：机车的计算牵引力、机车的计算粘着牵引力、机车的计算粘着系数、机车在小半径曲线上的计算粘着系数。这些数据及其计算公式都是在机车牵引试验成果的基础上，由《牵规》公布执行的。

3)机车粘着系数降低百分率。根据《牵规》的规定，机车在小半径曲线上运行时，曲线上的计算粘着系数 μ_r 按下列公式计算：

电力机车：

$$\mu_r=\mu_j(0.67+0.00055R) \tag{59}$$

$$\mu_j=0.24+\frac{12}{100+8V} \tag{60}$$

内燃机车：

$$\mu_r=\mu_j(0.805+0.000355R) \tag{61}$$

$$\mu_j=0.248+\frac{5.9}{75+20V} \tag{62}$$

式中 μ_r——曲线上的计算粘着系数；

μ_j——机车的计算粘着系数；

R——曲线半径(m)；

V——机车速度(km/h)。

由此可计算机车在曲线上的粘着系数降低百分率：

$$\alpha_m=\left(1-\frac{\mu_r}{\mu_j}\right)\times 100\% \tag{63}$$

电力、内燃机车在不同半径曲线上的粘着系数降低百分率见表 44。

表 44　不同半径曲线上机车粘着系数降低的百分率(%)

曲线半径	600	550	500	450	400	350	300
电力牵引	0	2.8	5.5	8.3	11.0	13.8	16.5
内燃牵引	—	0	1.8	3.5	5.3	7.1	8.9

4)小半径曲线上机车粘着系数降低引起的坡度减缓值。小半径曲线上机车粘着系数降低引起的坡度减缓值 Δi_m，可根据各类

机车的计算粘着牵引力富余百分率 r_n 考虑。机车的计算粘着牵引力富余百分率 r_n 按下式计算：

$$r_n=\left(1-\frac{F_j}{F_n}\right)\times 100\% \tag{64}$$

式中 F_n——机车的计算粘着牵引力(N)；

F_j——机车的计算牵引力(N)。

当 $r_n\geqslant\alpha_m$ 时，一般不需计算小半径曲线粘降坡度减缓值 Δi_m；当 $r_n<\alpha_m$，即机车的粘着牵引力的富余率小于粘着系数降低百分率时，需要进行坡度减缓，才需计算小半径曲线粘降坡度减缓值。其值按下式计算：

$$\Delta i_m=\frac{(i_{max}+\omega_0)(\alpha_m-r_n)}{1-r_n} \tag{65}$$

式中 i_{max}——最大坡度(‰)；

ω_0——计算速度下的列车平均单位基本阻力(N/kN)。

①小半径曲线粘降坡度减缓值计算及分析。根据《牵规》提供的机车性能资料计算，各类机车的计算粘着牵引力富余率见表45。

表45　各类机车粘着牵引力富余百分率 r_n

牵引种类	机车类型	V_j(km/h)	F_j(kN)	F_n(kN)	r_n(%)
电力机车（持续制）	SS_1	43	301.2	361.5	16.7
	SS_3	48	317.8	358.5	11.4
	SS_4	51.5	431.6	475.5	9.2
	SS_7	48	353.3	358.5	1.5
	6K	48	360	386.2	6.8
	8G	50	455	471.9	3.6
内燃机车	DF	18	190.3	318.2	40.2
	DF_4	20	302.1	344.9	12.4
	DF_{4B}	21.8	313	351.4	10.9
	DF_{4C}	24.5	301.5	349.9	13.8
	DF_8	31.2	307.3	347.2	11.5
	ND_5	22.2	360	411.8	12.6

计算结果表明：内燃机车的粘着牵引力富余率较大，在半径为300m及其以上的曲线时，都大于粘着系数降低百分率，坡度均不需减缓。详见表46。

表46　各型内燃机车 r_n 与 α_m 对照

机车类型	机车粘着牵引力富余百分率 r_n(%)	曲线半径为300m时机车粘着系数降低百分率 α_m(%)
DF	40.2	8.9
DF_4	12.4	8.9
DF_{4B}	10.9	8.9
DF_{4C}	13.8	8.9
DF_8	11.5	8.9
ND_5	12.6	8.9

电力机车的粘着牵引力富余率较小，曲线半径为300m时可以不进行坡度减缓的仅有 SS_1 型机车，其他机型均需减缓。各型机车需进行坡度减缓的曲线半径界值见表47。

表47　各型电力机车粘降坡度减缓的曲线半径界值(m)

机车类型	粘降坡度减缓的曲线半径界值
SS_1	$R<300$
SS_3	$R\leqslant350$
SS_4	$R\leqslant450$
SS_7	$R\leqslant550$
6K	$R\leqslant450$
8G	$R\leqslant500$

不同类型的电力机车在同一最大坡度上的粘降坡度减缓值是不同的。这里仅将 SS_4 和 SS_7 型电力机车在不同最大坡度上的粘降坡度减缓值分别列于表48和表49，其余机型，限于篇幅从略。

表 48　SS_4 型机车粘降坡度减缓值(‰)

曲线半径(m) \ 最大坡度(‰)	4	6	9	12	15	20	25	30
400	0.11	0.15	0.21	0.27	0.33	0.43	0.53	0.62
350	0.28	0.38	0.53	0.68	0.83	1.08	1.33	1.58
300	0.44	0.60	0.84	1.09	1.33	1.73	2.13	2.53

表 49　SS_7 型机车粘降坡度减缓值(‰)

曲线半径(m) \ 最大坡度(‰)	4	6	9	12	15	20	25	30
550	0.07	0.10	0.13	0.17	0.21	0.27	0.34	0.40
500	0.22	0.30	0.43	0.55	0.67	0.87	1.08	1.28
450	0.38	0.51	0.72	0.93	1.13	1.47	1.82	2.16
400	0.53	0.72	1.01	1.30	1.59	2.07	2.56	3.04
350	0.68	0.93	1.31	1.68	2.05	2.67	3.30	3.92
300	0.84	1.14	1.60	2.06	2.51	3.27	4.04	4.80

② 对小半径曲线粘降坡度减缓值的规定。根据前节的计算分析，电力牵引都需考虑小半径曲线粘降坡度的减缓。鉴于本次修订计算所依据的机车在小半径曲线上的计算粘着系数公式是三轴转向架的，即只适用于 SS_1 和 SS_3 两种机车。而其余 SS_4、SS_7 等几种机车均为二轴转向架，由于缺乏二轴转向架机车的试验资料，上述计算是用三轴转向架的公式代替。从理论上分析三轴转向架的机车在曲线上的粘着系数降低显然要比二轴转向架的机车大，因而计算出来的坡度减缓值亦相应偏大。完全依据前述计算结果来确定电力牵引线路上的粘降坡度减缓值是不够妥当的。所以经纵横分析，本次修订时电力牵引的粘降坡度减缓值仍沿用原规范的规定暂不变动。电力牵引小半径曲线粘降坡度减缓值见表 50。

表 50　电力牵引铁路小半径曲线粘降坡度减缓值(‰)

最大坡度(‰)		4	6	9	12	15	20	25	30
曲线半径(m)	450	0.20	0.25	0.35	0.45	0.55	0.70	0.90	1.05
	400	0.35	0.50	0.65	0.85	1.05	1.35	1.65	1.95
	350	0.50	0.70	1.00	1.25	1.50	2.00	2.45	2.90
	300	0.70	0.90	1.30	1.65	2.00	2.60	3.20	3.80

5)粘降坡度减缓范围。货物列车以接近或等于机车计算速度在线路的长大坡道上运行时,机车一进入圆曲线,粘着牵引力就会降低,直至机车驶出该曲线。从理论上说,为使列车速度以不低于计算速度通过曲线,在曲线起点前一个列车长度范围内即应开始进行粘降坡度减缓。但当机车驶出曲线,而列车几乎全都还在曲线上时,由于机车已不存在曲线粘降,所以曲线终点前一个列车长度范围内即可不进行坡度减缓。亦即坡度减缓的长度为该曲线的长度。但应在列车到达曲线起点前一个列车长度时就开始减缓。这样做将使线路纵断面设计显得过于复杂。为简化设计,仍按原规定在曲线范围内进行坡度折减,曲线以外不再进行减缓。在设计中为保证列车以不低于计算速度通过曲线,当坡段长度大于曲线长度时,应将整个坡段(包括曲线外部分)按条文规定的 Δi_m 值减缓,而不应将 Δi_m 乘曲线长所得减缓损失高度值按坡段长度平均摊到整个坡段来减缓,否则将导致曲线范围内的粘降减缓值小于规范规定的粘降减缓值。

3　隧道坡度折减。

本款根据《牵规》相关规定进行修订。

1)长度大于 400m 的隧道如位于或接近最大坡度的坡道上,为了保证列车不低于计算速度运行,应将最大坡度进行折减,影响折减的因素有:

①隧道附加空气阻力。列车在隧道内运行时,由于空气受隧道空间约束,不能迅速向四面扩散,造成列车前面空气密度加大,

尾部空气稀薄，使得空气阻力较空旷地段的空气阻力大。影响空气阻力的因素较多，一般都通过试验确定。本款仍采用凉风垭试验公式计算。

$$\omega_s=\frac{0.00357L}{P+Q}\left[1-\frac{1}{1+\sqrt{\frac{61.475+0.177(L_s-L)}{L}}}\right]^2 V^2 \quad (66)$$

式中　ω_s——隧道附加空气阻力(N/kN)；

V——隧道内列车运行速度(km/h)；

L_s——隧道长度(m)；

L——列车长度(m)；

P——机车计算质量(t)；

Q——列车牵引质量(t)。

② 内燃牵引时列车通过隧道的速度。内燃牵引时列车通过隧道的行车速度不能过低，以免机车排出的废气进入司机室和机车的柴油机汽缸，降低机车功率，并影响机车乘务员的身体健康。原规范规定隧道长度≤1000m 时，通过隧道速度不得低于计算速度。1000m 以上隧道，通过隧道速度不得低于 25km/h。根据《牵规》规定，本款修改为：内燃机车牵引列车通过长度小于或等于 1000m 的隧道时最低运行速度不得小于机车的最低计算速度(V_{jmin})，隧道长度大于 1000m 时不得小于 $V_{jmin}+5$km/h。

③隧道内粘着系数和内燃机车功率的降低。根据 1983 年《牵规》的编制说明"电力和内燃机车的粘着(系数)公式包括了不同的轨面条件，因此不必再考虑隧道粘降"，故可不考虑隧道内粘着系数的降低。

内燃机车在隧道内运行时，柴油机的工作条件比在空旷地段的差，其功率修正应通过试验确定。内燃机车在隧道内的功率降，是影响隧道折减的一个因素。原规范规定的隧道折减未考虑功率降问题，《牵规》规定："DF_{4B}(客、货)型内燃机车，受长度 1000m 以上隧道影响的牵引力修正系数 λ，单机或双机重联牵引的第一台

机车取 0.88；双机重联牵引的第二台机车取 0.85”。

2）隧道坡度折减。

①隧道坡度折减计算公式。影响隧道坡度折减的因素较多，在设计中通常用隧道内线路最大坡度系数 β_s 来进行隧道坡度折减，折减后的最大设计坡度 i(‰)应为：

$$i=\beta_s i_{max} \tag{67}$$

隧道内线路最大坡度系数 β_s 可以通过试验或根据试验资料用分析方法确定，此时 β_s 值应为：

$$\beta_s=1-\frac{\Delta i}{i_{max}}=1-\frac{\Delta i_1+\Delta i_2}{i_{max}} \tag{68}$$

$$\Delta i_1=i_{max}-i_v \tag{69}$$

式中 Δi——包括上述各种折减因素的总的隧道坡度折减值(‰)；

Δi_1——满足内燃机车牵引列车在隧道内以规定的最低速度等速运行所需的坡度减缓值(‰)；

i_v——按规定的最低速度等运行相应的均衡坡度(‰)，即列车该速度时的单位加速力$(f-\omega_0)$值；

Δi_2——隧道附加空气阻力值，即 ω_s(‰)。

β_s 值按下式计算：

电力牵引：

$$\beta_s=1-\frac{\omega_s}{i_{max}} \tag{70}$$

内燃牵引：

$$\beta_s=1-\frac{\Delta i_1+\Delta i_2}{i_{max}}=\frac{i_v-\omega_s}{i_{max}} \tag{71}$$

关于隧道折减分级和隧道折减的起始长度，隧道长度的确定不严密，主要是缺少对 1000.1～1000.9m 及 4000.1～4000.9m 的确认，建议应修订为 $400<L\leqslant1000$m，$1000<L\leqslant4000$m，$L>4000$m。

②电力牵引隧道折减。电力牵引隧道折减的影响因素主要是

隧道空气附加阻力，不同坡度、不同长度、不同机型隧道内线路最大坡度系数 β_s 的值见表 51。

表 51　电力牵引隧道内线路最大坡度系数计算表

隧道长度	机型	6	8	10	12	14	16	18	20
1000	SS_1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
	SS_3	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	SS_4	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	SS_{4B}	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
	SS_{6B}	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	SS_7	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
4000	SS_1	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97
	SS_3	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96
	SS_4	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96
	SS_{4B}	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97
	SS_{6B}	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96
	SS_7	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97
6000	SS_1	0.92	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97
	SS_3	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
	SS_4	0.91	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96
	SS_{4B}	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
	SS_{6B}	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96
	SS_7	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
10000	SS_1	0.92	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97
	SS_3	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
	SS_4	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96
	SS_{4B}	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
	SS_{6B}	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96
	SS_7	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96
15000	SS_1	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96
	SS_3	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
	SS_4	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94
	SS_{4B}	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95
	SS_{6B}	0.86	0.89	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94
	SS_7	0.87	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95

续表 51

隧道长度	机型	6	8	10	12	14	16	18	20
20000	SS_1	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95
	SS_3	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94
	SS_4	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94
	SS_{4B}	0.86	0.89	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94
	SS_{6B}	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94
	SS_7	0.86	0.89	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94

从表 51 中可以看出，电力牵引隧道折减系数随隧道长度的增长而加大，随坡度的增大而减小，机型对其影响不大，原规范规定的电力牵引隧道内坡道折减系数可以满足要求。

③内燃牵引隧道折减。内燃牵引隧道折减的影响因素主要是隧道空气附加阻力、列车通过隧道的最低运行速度及隧道内机车功率降，隧道空气附加阻力按凉风垭实验公式计算，列车通过隧道的最低运行速度按《牵规》规定，由于《牵规》仅规定了 DF_{4B} 型内燃机车功率降，隧道折减按其他内燃机车比照 DF_{4B} 型机车考虑功率降及内燃机车不考虑功率降两种情况进行计算。隧道内线路最大坡度系数 β_s 的值见表 52 和表 53。

表 52　内燃牵引隧道内考虑功率降线路最大坡度系数计算表

隧道长度	机型	6	8	10	12	14	16	18	20
1000	DF_{4B}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{4C}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{4D}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_8	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{8B}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
4000	DF_{4B}	0.65	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70
	DF_{4C}	0.64	0.66	0.67	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69
	DF_{4D}	0.65	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70
	DF_8	0.67	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72
	DF_{8B}	0.67	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73

续表 52

隧道长度	机型	6	8	10	12	14	16	18	20
6000	DF_{4B}	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.69	0.70
	DF_{4C}	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69
	DF_{4D}	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70
	DF_8	0.66	0.68	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72
	DF_{8B}	0.66	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73
10000	DF_{4B}	0.64	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70
	DF_{4C}	0.62	0.65	0.66	0.67	0.68	0.68	0.68	0.69
	DF_{4D}	0.64	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70
	DF_8	0.65	0.67	0.69	0.70	0.70	0.71	0.71	0.72
	DF_{8B}	0.65	0.68	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72

表 53 内燃牵引隧道内不考虑功率降线路最大坡度系数计算表

隧道长度	机型	6	8	10	12	14	16	18	20
1000	DF_{4B}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{4C}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{4D}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_8	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	DF_{8B}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
4000	DF_{4B}	0.79	0.80	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.83
	DF_{4C}	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82
	DF_{4D}	0.79	0.80	0.81	0.82	0.82	0.82	0.83	0.83
	DF_8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85
	DF_{8B}	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85	0.86
6000	DF_{4B}	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82
	DF_{4C}	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82
	DF_{4D}	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.83
	DF_8	0.80	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85
	DF_{8B}	0.81	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85
10000	DF_{4B}	0.78	0.80	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82
	DF_{4C}	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82
	DF_{4D}	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82
	DF_8	0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.84	0.84	0.85
	DF_{8B}	0.80	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85

从表52和表53计算结果中可以看出，按照《牵规》规定的DF_{4B}型机车功率降系数计算隧道折减时，长度超过1000m的隧道其隧道内线路最大坡度系数小于原规范规定值。不考虑内燃机车隧道内功率降时，长度超过1000m的隧道其隧道内线路最大坡度系数除在较小的坡度上（6‰、8‰）略微低于原规范外，其余均大于原规范规定值。

《牵规》仅规定了DF_{4B}型机车在隧道内的功率降，而机车型谱上推荐及目前主要应用的DF_{4D}、DF_8和DF_{8B}型内燃机车，计算速度均较DF_{4B}型机车提高较大，本次修订执行了"内燃机车通过长度1000m以上隧道的最低运行速度不得低于V_{jmin}+5km/h"的规定，隧道长度、通风条件、机车通过隧道速度等因素对隧道内机车功率降都有较大影响。

④隧道内线路最大坡度系数。由于隧道附加空气阻力计算公式是在凉风垭隧道试验公式的基础上分析、计算、简化而来的。凉风垭等隧道的试验，其最长隧道为4270m，我国目前投入运营及正在设计或施工的电气化铁路长度在10～20km、内燃牵引长度在4～10km的隧道已不鲜见，该公式是否适用于长大隧道尚缺乏研究和验证。

因此，在缺乏隧道空气附加阻力公式及隧道内内燃机车功率降试验数据的情况下，隧道折减系数暂不修订，待有新的机车牵引试验资料和研究成果后，本款再做相应修改。

3）折减范围和加速缓坡。隧道内坡度的折减因素，电力机车主要是附加空气阻力的影响，内燃机车主要是附加空气阻力、内燃机车在隧道内的功率降和满足通过隧道最低速度要求这三项内容。附加空气阻力ω_s一般认为刚进入洞内的瞬间产生对隧道内空气的冲击作用，机车头部受到突然增大的压力，此后随列车前进而减小，但列车侧面与隧道内壁阻力增加，列车全部进入隧道内后阻力达到稳定值，机车出隧道时头部压力减小，然后阻力逐渐下降至列车驶出隧道时$\omega_s=0$。为简化计算，折减范围只计算隧道长

度内的折减值。内燃牵引时除按规定进行坡度折减外，还应根据牵引计算检算列车通过隧道的速度，如未达到最低速度要求，应在隧道外设计加速缓坡。

3.2.6、3.2.7 说明如下：

1 确定纵断面连接标准的理论。铁路线路纵断面连接标准主要包括相邻坡段坡度代数差、最小坡段长度和竖曲线半径。理论分析和运营经验表明，相邻坡段坡度代数差和最小坡段长度主要取决于不断钩的安全要求，即取决于车钩强度所允许的列车纵向力。竖曲线半径不仅取决于列车纵向力的允许值，还取决于不脱轨和不断钩的安全要求以及旅客的舒适度要求。

实际运行的列车是由多节车辆组成的离散质量系统，联结各车辆的钩缓装置是非完全弹性的，车钩间存在游间。因而当列车处于非稳态运行情况下（如起动、加速、制动、通过变坡点等），各车辆间便存在相对位移、相对速度和加速度，从而在各节车辆间产生冲击作用，增大列车纵向力，危及行车安全。取列车最不利的非稳态运行工况通过变坡点时的列车纵向力，按车钩强度所允许的纵向力确定坡度差和最小坡段长度。车钩强度所允许的纵向力按照国家现行标准《铁道车辆强度设计及试验鉴定规范》TB/T 1335—1996 的规定，货车车钩在运行工况下（考虑动态荷载）纵向拉伸力取 1125kN，纵向压缩力取 1400kN。

2 列车离散质量系数模型和非稳态运动模拟。根据列车-线路纵向动力学理论，假设列车是由非完全弹性元件（车钩缓冲装置）联结多个刚体（机车、车辆）组成的离散质量系统（见图 5），考虑车钩游间非线性因素的影响，忽略列车通过平面曲线和竖曲线时各车钩间转角的影响，建立列车通过变坡点的非稳态运动微分方程组见式（72）。系统的自由度等于组成列车的机车与车辆的数量之和。

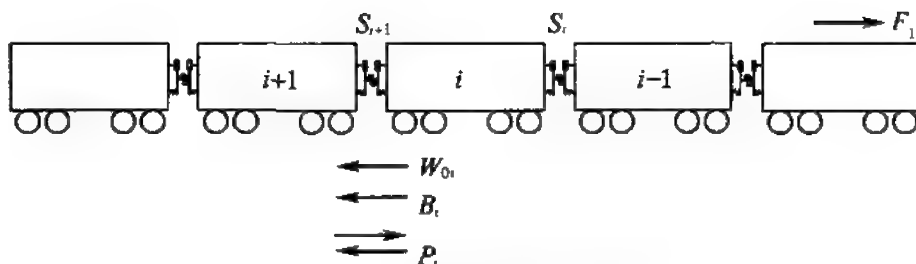


图 5 列车离散质量系统模型

$$
\left.\begin{aligned}
&m_i \cdot \ddot{x}_i = S_i - S_{i+1} + \omega_{0i} + F_i + B_i + D_i + P_i \quad (i=1,2,\cdots,n) \\
&S_i = S_i(\dot{q}_i, q_i) \\
&\omega_{0i} = \omega_{0i}(\dot{x}_i, x_i) \\
&F_i = F_i(\dot{x}_i) \\
&B_i = B_i(\dot{x}_i, t) \\
&D_i = D_i(\dot{x}_i, t) \\
&P_i = P_i(x_i)
\end{aligned}\right\} \tag{72}
$$

式中 m_i——机车或车辆的质量(t)；

S_i, S_{i+1}——列车纵向力(车钩力)(kN)；

ω_{0i}——机车或车辆的运行基本阻力(kN)；

P_i——坡道力(包括曲线、隧道当量坡)(kN)；

F_i——机车牵引力(kN)；

B_i, D_i——空气制动力(kN)，动力制动力(kN)，与 F_i 不能同时存在；

$x_i, \dot{x}_i, \ddot{x}_i$——机车或车辆的绝对位移，绝对速度，绝对加速度(m，m/s，m/s^2)；

$q_i, \dot{q}_i$——相邻两车辆间的相对位移，相对速度(m，m/s)；

t——制动时间(s)。

编制计算程序求解上列非线性微分方程组。输入列车运行的初始状态参数，选取不同的计算步长 Δt，即可模拟列车运动的全过程，计算得到不同运行工况下、不同纵断面连接条件下的最大纵

向力及其发生的位置。该数学模型和计算程序经过现场列车运行试验的验证,得到满意的结果。因此,可以用于研究确定纵断面连接标准。

3 列车通过变坡点的纵向力规律。理论计算和现场试验都表明列车通过变坡点的纵向力有如下规律:

1)两相邻坡段为凸形断面时,列车纵向拉力增大,压力减小;凹形断面则相反。

2)列车纵向力随坡度差值的增大有所增大(见表 54)。

3)坡度差小于或等于 4‰时,列车以各种不同的工况通过变坡点产生的最大纵向力,与在平道上相同工况下产生的最大纵向力几乎相等。说明在坡度差小于或等于 4‰时,可以不设置竖曲线。

4)设置竖曲线可减小列车通过变坡点的附加纵向力。但是,当竖曲线半径增大到 2000m 后(相对于牵引质量小于或等于 5000t 而言),列车以不同工况通过变坡点的最大纵向力各趋于该工况下的稳定值(见图 6)。计算结果表明,当列车牵引质量小于或等于 5000t 时,在相应限坡组成的凸、凹形变坡点上,竖曲线半径为 10000m,各种运行工况下产生的列车纵向力均小于限值。

5)列车通过变坡点的附加纵向力与列车跨越变坡点的个数无关,而主要与纵断面的形式及其相应的操纵工况以及列车的牵引质量紧密相关。

6)列车运行工况或牵引质量对纵向力的影响远大于坡度差对纵向力的影响(见表 55)。由表 54 和表 55 可见,列车运行工况变化引起的纵向力的变化成倍数增减,而坡度差变化引起的纵向力的变化仅在百分数之内。

7)根据对 610 起既有线列车断钩事故的统计分析,断钩的主要原因是紧急制动或操纵不当。没有调查到在坡度变化点断钩的事例。由此也说明坡度变化引起的附加纵向力变化不太显著。

表 54　坡度差与列车纵向力的关系

工况	Q (t)	断面示意 (‰)	Δi (‰)	S_{max}(kN)/车位	纵向力增大百分比 (%)	S_{min}(kN)/车位	纵向力增大百分比 (%)
牵引加速 (10～70 km/h)	5000 (单机)	0 4 / 0 9	4 9	504.6/4 500.7/3	−0.8	3.1/66 2.2/66	−29.0
	4750 (双机)	0 12 / 0 20	12 20	503.1/6 574.6/15	14.2	3.7/64	—
惰行 (70～20 km/h)	5000 (单机)	4 4 4 / 9 4 9	8 13	267.0/22 285.9/30	7.0	−363.9/44 −516.5/46	41.9
	4750 (双机)	12 12 / 12 20	24 32	352.4/23 482.0/28	36.8	−325.0/44 −103.8/59	−68.1

表 55　列车运行工况与列车纵向力的关系

工况	Q(t)	断面示意 i(‰)	Δi(‰)	S_{max}(kN)/车位
牵引加速 (10～70km/h)	5000	0	0	492.5/2
		4 4	8	502.3/3
惰行 (70km/h)	5000	4 4	8	267.1/22
常用制动(r—0.8) (70～20km/h)	5000	4 4	8	119.1/29
牵引加速 (10～70km/h)	5000	0	0	492.5/2
	2550	0 20	20	371.6/8

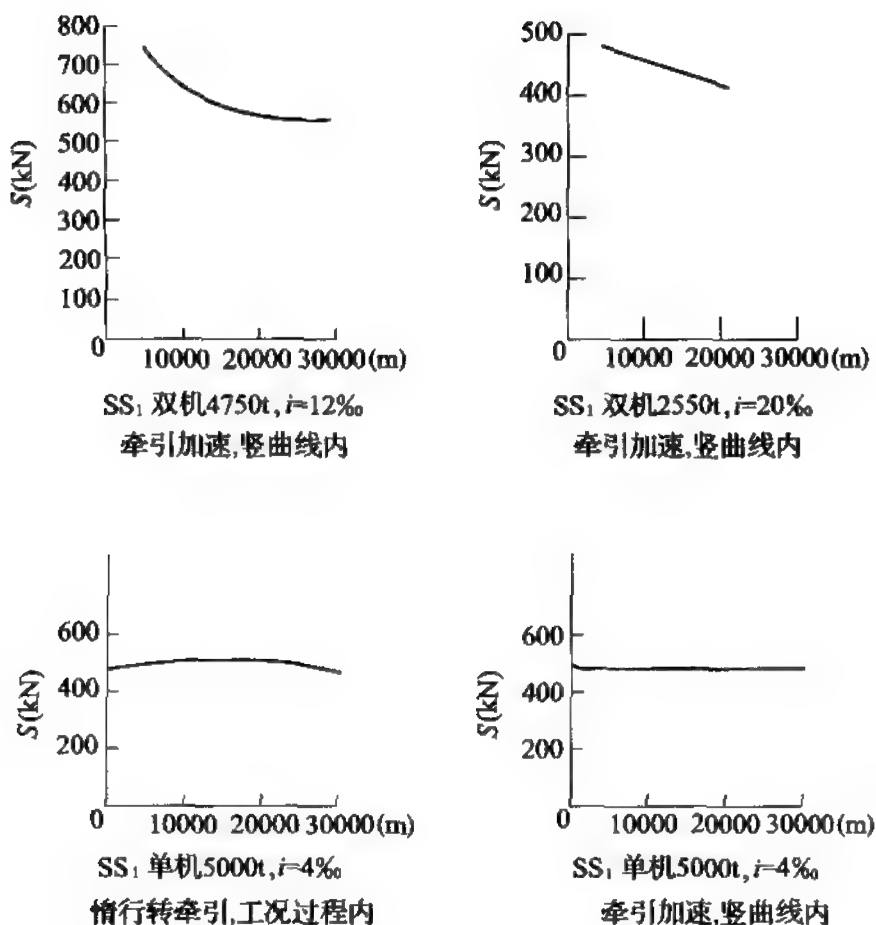


图 6　竖曲线半径与列车纵向力的关系

4　车钩强度允许的坡度差。由上述分析可见，列车最大纵向力主要决定于列车牵引质量、长度、机车类型、操纵工况、车辆缓冲器和制动机特性以及线路纵断面形式。因此，对列车通过变坡点的纵向力计算，选取了上述各影响因素的最不利组合方案。

1）计算条件。牵引种类及机型：电力牵引，SS_3 机车；线路坡度及牵引质量见表 56：

表 56 线路坡度及牵引质量

线路坡度(‰)	4	9	6	12	12
机车	SS_3 单机	SS_3 双机重联	SS_3 单机	SS_3 双机重联	SS_3 单机
牵引质量(t)	6500		4750		2550
车辆数(辆)	85		62		33

竖曲线半径:10000m;

制动机类型:GK 型、103 型;

缓冲器型号:2# 缓冲器;

运行工况:凹形断面低速缓解转牵引、凹形断面低速紧急制动、凸形断面低速紧急制动。

2)计算结果分析。按照给定的计算条件,分别考虑了设置与不设置分坡平段、缓和坡段数种情况,共计算了 38 组最不利组合方案,计算结果见表 57。

①SS_3 单机或双机牵引 4750t 及其以下质量的列车,在坡度差为 2 倍限坡或 2 倍双机坡成的凸、凹形断面上的任何工况,其最大纵向拉、压力均未超出限值(拉力 980kN,压力 1960kN)。因此可以说,牵引质量小于等于 4750t,也就是到发线有效长度小于等于 1050m 的情况下,相邻坡段允许最大坡度差可以取为 2 倍的限坡(限坡地段)或 2 倍的双机坡(双机坡地段)。

②SS_3 单机牵引 6500t,列车在坡度差为 2 倍限坡的凹形断面上低速缓解(10km/h)转牵引工况下,设与不设缓和坡段,其最大纵向拉力均超限;若将缓解转牵引的速度提高到 30km/h,则最大纵向拉力可不超限。实际列车运行中缓解末速度通常是大于 30km/h。

③SS_3 单机牵引 6500t,在坡度差为 2 倍限坡的凹形断面上紧急制动工况下,其最大纵向压力超限;若设置 1/3 列车长度的缓和坡段(分坡平段),或改善制动机特性(如采用 103 型制动机),则最大纵向压力可不超限。

表 57 不同运行工况及不同坡度差的最大纵向力

工况	断面示意	最大坡度 i (‰)	坡度差 Δi (‰)	分坡平段长度 L_1 (m)	缓和坡段长度 L_2 (m)	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
缓解转牵引	i i	4	8	0	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	10	1630/80	GK
									30	505/80	GK
	i 0 i, L_1	4	4	605 ($L/2$)	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	10	1630/80	GK
									30	517/	GK
	i i	9	18	0	0	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	812/16	GK
	i 0 i, L_1	9	9	617 ($L/2$)	0	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	819/18	GK
	i $i/2$ 0 $i/2$ i, L_2 L_1 L_2	9	9	200	200	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	809/13	GK
	i i	6	12	0	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	10	872/38	GK
									25	495/38	GK
	i 0 i, L_1	6	6	300 ($L/3$)	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	10	858/41	GK
				445 ($L/2$)	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	10	873/51	GK
	i i	12	24	0	0	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	10	832/7	GK
	i 0 i, L_1	12	12	456 ($L/2$)	0	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	10	852/22	GK
	i $i/2$ $i/2$ i, L_2 L_2	12	12	0	200	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	10	852/22	GK
	i i	12	24	0	200	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	10	852/22	GK
	i 0 i, L_1	12	12	0	0	SS_3+33C_{62}	2550	484	10	549/32	GK

续表 57

工况	断面示意	最大坡度 i (‰)	坡度差 Δi (‰)	分坡平段长度 L_1 (m)	缓和坡段长度 L_2 (m)	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
紧急制动	i i	4	8	0	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	30	−2246/43	GK
										−1694/67	103
	i 0 i L_1	4	4	400 (L/3)	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	30	−1635/58	GK
				600 (L/2)	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	30	−1573/63	GK
	i i	9	18	0	0	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−1655/54	GK
	i $i/2$ $i/2$ i L_2 L_2	9	9	0	200	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−1593/50	GK
	i $i/2$ 0 $i/2$ i L_2 L_1 L_2	9	4.5	617 (L/2)	200	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−1531/49	GK
	i i	6	12	0	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	30	−915/38	GK
	i 0 i L_1	6	6	300 (L/2)	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	30	−828/44	GK
				445 (L/2)	0	SS_3+62C_{62}	4750	890	30	−830/51	GK
	i i	12	24	0	0	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	30	−1018/	GK
	i 0 i L_1	12	12	460 (L/2)	0	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	30	−798/	GK
	i $i/2$ $i/2$ i L_2 L_2	12	12	0	200	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	30	−929/38	GK

续表 57

工况	断面示意	最大坡度 i (‰)	坡度差 Δi (‰)	分坡平段长度 L_1 (m)	缓和坡段长度 L_2 (m)	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
紧急制动	i i	12	24	0	0	SS_3+33C_{62}	2550	484	35	−1018/30	GK
	i 0 i L_1		12	242 (L/2)	0	SS_3+33C_{62}	2550	484	35	−798/20	GK
	i i	4	8	0	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	30	−2559/78 −1244/66	GK 103
	i 0 i L_1	4	4	200	0	SS_3+85C_{62}	6500	1210	30	−2566/80 −1204/65	GK 103
	i i	9	18	0	0	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−1530/75 −904/67	GK 103
	i 0 i L_1	9	9	200	0	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−804/59	103
	i i/2 i/2 i L_2 L_2	9	9	0	200	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	30	−1185/66	103
	i i	12	24	0	0	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	30	−1141/50	GK
	i i/2 0 i/2 i L_2 L_1 L_2	12	6	200	200	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	30	−1315/49	GK

④SS_3 单机牵引 6500t，在坡度差为 2 倍限坡组成的凸形断面上低速(30km/h)紧急制动，设与不设分坡平段，其最大纵向压力均超限，只有改善制动机性能，最大纵向压力才可能不超限。

⑤SS_3 单机或双机牵引 6500t 列车，在坡度差为 2 倍的限坡或 2 倍双机坡组成的凸、凹形断面上的其他工程，其最大纵向拉、压力均不超限。

上述计算结果再次表明，列车牵引质量的大小对列车纵向力起决定作用。而列车的牵引质量在机车功率可变的情况下，主要决定于车站到发线有效长度。因此，最大坡度差的允许值直接以到发线有效长度为依据确定更为恰当。

3)最大坡度差允许值。鉴于本规范中对到发线有效长度规定为1050m及其以下长度，相应的列车牵引质量为4750t及其以下，故最大坡度差允许值也仅考虑到发线有效长度为1050m及其以下的情况。

根据计算结果，最大坡度差的允许值可以取用2倍的限制坡度或2倍的双机坡度。但考虑到车辆载重的发展（如采用25t轴重车或缩短型车），在到发线有效长度不变的情况下列车质量增加，或延长到发线有效长度而增加列车质量；此外，理论计算所取机车及车辆均为理想状况，与实际情况会有差别，有可能增大列车纵向力。因此，对最大坡度差的允许值留有适当发展余量，取值见表58。

表58 相邻坡段最大坡度差

远期到发线有效长度(m)		1050	850	750	650	550
最大坡度差(‰)	一般	8	10	12	15	20
	困难	10	12	15	18	25

5 车钩强度允许的最小坡段长度。对最小坡段长度与列车纵向力的相关规律的分析，同样选取了各影响因素的最不利组合方案，考虑了设置不同长度的分坡平段及缓和坡段对纵向力的影响，共计算了133组方案。

1)计算条件。同对坡度差的计算条件。

2)计算结果分析。在133组计算方案中，纵向力较大的83组计算结果见表59。

①SS_3 单机或双机牵引4750t及其以下质量的列车，在最大坡度差、设有不同长度的分坡平段或缓和坡段以及不设分坡平段及缓和坡段组成的凸、凹形纵断面上，以任何工况通过时产生的最大纵向力均小于限值。

②SS_3 单机牵引6500t，在最大坡度差组成的凹形断面低速缓解(10km/h)转牵引，设置不同长度的分坡平段或不设置分坡平

段，其产生的最大纵向拉力均超限。只有将列车缓解末速度提高到 30km/h，其产生的最大纵向拉力才可小于限值。

③SS_3 单机牵引 6500t（GK 型制动机），在最大坡度差组成的凸形断面上低速（30km/h）紧急制动，设置不同长度的分坡平段或不设置分坡平段，其产生的最大纵向力均超限。但若采用制动特性较好的制动机（例如 103 型制动机），则设和不设分坡平段，其最大纵向力均不超限且差别不大。

④SS_3 单机牵引 6500t，在最大坡度差组成的凹形断面上低速（30km/h）紧急制动，其产生的最大纵向压力超限。当设置 1/3 列车长度的分坡平段后，其最大纵向压力可不超限；当分坡平段延长到 1/2 列车长度时，其最大纵向压力与前者相近，趋于稳定。

⑤SS_3 双机牵引 6500t 列车，在最大坡度差组成的凸形断面上紧急制动，不设或设置缓和坡段（分坡平段），最大纵向力均超限；而当设置 200m 缓和坡段或分坡平段与缓和坡段长度之和大于等于 300m 时，最大纵向压力反而更大。由此可说明，凸形纵断面的分坡平段长度以 200m 为宜。当车辆的制动机性能改善后（如采用 103 型制动机），则上述各种条件下的列车最大纵向力均不超限。

表 59　不同运行工况及不同坡段长度的最大纵向力

工况	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	断面示意	缓和坡段长度 L_2 (m)	分坡平段长度 L_1 (m)	$1/K$ $\frac{L}{L_1+L_2}$	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
低速缓解转牵引	SS_3 + $85C_{62}$	6500	1210	凹形断面（4, 0, 4; L_1）	0	0	0	10	1630/80	GK
								30	505/	GK
						200	1/6	10	1630/80	GK
								30	517/	GK
						605	1/2	10	1630/80	GK
								30	517/	GK

续表 59

工况	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	断面示意	缓和坡段长度 L_2(m)	分坡平段长度 L_1(m)	$1/K$ $\frac{L}{L_1+L_2}$	牵引或紧急制动初速(km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
低速缓解转牵引	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	9 0 9 L_1	0	0	0	30	812/16	GK
						100	1/12	30	819/18	GK
						200	1/6	30	819/18	GK
						300	1/4	30	819/18	GK
						617	1/2	30	819/18	GK
	$2SS_3+85C_{62}$	6500	1234	12 6 0 6 12 L_2 L_1 L_2	200	0	1/6	30	809/13	GK
						100	1/4	30	809/13	GK
						200	1/3	30	809/13	GK
						300	1/2.5	30	809/13	GK
						617	1/1.5	30	809/13	GK
	SS_3+62C_{62}	4750	890	6 0 6 L_1	0	0	0	10	872/38	GK
						300	1/3	10	858/41	GK
						445	1/2	10	873/51	GK
	$2SS_3+62C_{62}$	4750	912	12 0 12 L_1	0	0	0	30	832/7	GK
						200	1/4.5	30	852/22	GK
						300	1/3	30	852/22	GK
						456	1/2	30	852/22	GK
				12 6 0 6 12 L_2 L_1 L_2	200	0	1/4.5	30	852/22	GK
						200	1/3	30	852/22	GK
						300	1/1.8	30	852/22	GK
						456	1/1.4	30	852/22	GK
紧急制动	SS_3+85C_{62}	4750	890	6 0 6 L_1	0	0	0	30	−915/38	GK
						200	1/4.5	30	−858/47	GK
						300	1/6	30	−828/44	GK
						445	1/3	30	−830/51	GK
	SS_3+33C_{62}	2550	484	12 0 12 L_1	0	0	0	20	−1018/30	GK
						242	1/2	20	−798/20	GK

续表 59

工况	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	断面示意	缓和坡段长度 L_2 (m)	分坡平段长度 L_1 (m)	$1/K$ $\frac{L}{L_1+L_2}$	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
紧急制动	SS_3 + $85C_{62}$	6500	1210	4 4 0 L_1	0	0	0	30	−2246/43	GK
									−1052/65	103
						300	1/4	30	−2138/65	GK
									−1231/52	103
						400	1/3	30	−1635/58	GK
									−1210/66	103
						605	1/2	30	−1573/63	GK
									−1295/57	103
	$2SS_3$ + $85C_{62}$	6500	1234	9 9 0 L_1	0	0	0	30	−1655/54	GK
						200	1/6	30	−1595/60	GK
						617	1/2	30	−1592/52	GK
				9 9 4.5 4.5 0 L_2 L_2 L_1	200	0	1/6	30	−1593/50	GK
						200	1/3	30	−1615/54	GK
						617	1/1.5	30	−1531/49	GK
	$2SS_3$ + $62C_{62}$	4750	912	12 12 6 6 0 L_2 L_2 L_1	200	0	1/4.5	30	−929/38	GK
						300	1/1.8	30	−854/38	GK
						456	1/1.4	30	−856/40	GK
	SS_3 + $85C_{62}$	6500	1210	L_1 0 4 4	0	0	0	30	−2559/78	GK
									−1244/66	GK
						100	1/12	30	−2664/79	GK
									−1292/68	GK
						200	1/6	30	−2566/80	GK
									−1204/65	103
	$2SS_3$ + $85C_{62}$	6500	1234	L_1 0 9 9	0	0	0	30	−1530/75	GK
									−904/67	103
						100	1/12.5	30	−1532/75	GK
									−890/67	103
						200	1/6	30	−1529/72	GK
									−804/59	103

续表 59

工况	列车编组	牵引质量 Q(t)	列车长度 L(m)	断面示意	缓和坡段长度 L_2 (m)	分坡平段长度 L_1 (m)	1/K $\frac{L}{L_1+L_2}$	牵引或紧急制动初速 (km/h)	S_{max}(kN)/车位	制动机类型
紧急制动	$2SS_3$ + $85C_{62}$	6500	1234	L_1 0, L_2 6, 6 L_2, 12, 12	100	0	0	30	−1384/68	GK
									−847/62	103
						100	1/6	30	−1801/73	GK
									−891/61	103
						200	1/4	30	−2434/75	GK
									−1092/64	103
					200	0	0	30	−2759/7	GK
									−1185/66	103
						100	1/4	30	−2541/78	GK
									−1119/66	103
						200	1/3	30	−2183/79	GK
									−1002/69	103
	$2SS_3$ + $62C_{62}$	4750	912	L_1 0, 12, 12	0	0	0	30	−1141/50	GK
						100	1/9	30		GK
						200	1/4.5	30	−1046/50	GK
				L_1 0, L_2 4.5, 4.5 L_2, 9, 9	100	0	1/9	30	−1142/50	GK
						100	1/4.5	30	−961/51	GK
						200	1/3	30	−943/52	GK
					200	0	1/4.5	30	−940/51	GK
						100	1/3	30	−1114/52	GK
						200	1/2.3	30	−1315/49	GK

⑥SS_3 双机牵引 6500t 列车，在最大坡度差组成的凹形断面上的低速缓解转牵引工况，设置不同长度的分坡平段或缓和坡段，其最大纵向力与不设置的情况接近，且均未超限。

3)最小坡段长度允许值。由上述分析可见，最小坡段长度也与列车质量(长度)密切相关，因而也就与到发线有效长度直接相关，故最小坡段长度的取值也应以到发线有效长度为依据。

根据计算结果，到发线有效长度在 1050m 及其以下的条件下，在由最大坡度差组成的凸、凹形纵断面上，设置或不设置

分坡平段与缓和坡段，其最大纵向力均不超限，最小坡段长度只要保证竖曲线不重叠即可。最小坡段长度根据对6500t列车的计算结果，按1/3列车长度设置，规定如表60所示。但凸形断面顶部为缓和坡度差而设置的分坡平段的长度应不小于200m。

表60 最小坡段长度

远期到发线有效长度(m)	1050	850	750	650
最小坡段长度(m)	400	350	300	250

为了满足较高的舒适度要求，本次规范规定旅客列车设计行车速度为160km/h的路段，坡段长度不应小于400m，且不宜连续使用两个以上。可以保证坡顶或坡底分坡平台有较长的段落，使其纵断面坡度变化较为平缓，同时也可以保证线路纵坡不致过于零碎，有利于提高列车通过时的运行品质。

4)200m坡段长度采用条件。

①凸形断面顶部为缓和坡度差而设置的分坡平段(也可是小坡度的坡段)。

②困难条件下，因坡度折减而形成的坡段，指曲线折减、小半径曲线粘降坡度减缓和隧道坡度折减的坡段，以及为保证内燃牵引机车进入隧道时需达到规定速度而设置的加速缓坡。这些坡段间的坡度差一般不大，坡段长度可以缩短。

③困难条件下，长路堑内，为利于侧沟排水，不宜设计为平坡，应将长度为400m及以上的平坡段用不小于2‰坡度的向中间凸起的两个坡段代替，此种坡段的长度可以缩短至200m。

④枢纽疏解引线范围内的线路纵坡，因行车速度较低，且一般因跨线需要迅速升高(或降低)纵断面高程，因此，可设计较短的坡段。

5)改建既有线和增建第二线的坡段，因受既有线路条件的控制，如按规定的坡段长度引起大量改建工程或改建困难时，可以采

用不短于200m的坡段长度。但第二线绕行时，因已远离既有线，应按新线标准设计。

6 列车通过变坡点的纵向力实测结果。在襄渝线、黔桂线和大秦线分别进行了电力及内燃牵引条件下列车通过变坡点的纵向力测定。其结果分别列于表61～表63中。

表61 襄渝线 SS_1 双机重联牵引列车通过变坡点的纵向力(部分大值)

(i_{zx}为12‰，Q为3100～3476t)

断面示意(‰/m)	项目	测定车位	
		机次位 ←	$1/2L_{列}$位 →
3 / 11 990 / 510	工况	牵引29位	惰行
	速度(km/h)	46.9	51.9
	纵向力(kN)	428	130
12 / 12 750 / 650	工况	牵引15位	退级(9位)
	速度(km/h)	25.6	36.3
	纵向力(kN)	333	161
11.4 / 11.5 850 / 750	工况	牵引3位	缓解
	速度(km/h)	22.5	18.8
	纵向力(kN)	−88	−630
11.5 / 9.3 950 / 500	工况	退级中	牵引21位
	速度(km/h)	55.8	58.1
	纵向力(kN)	96	−146
2.2 / 10.1 760 / 1700	工况	牵引31位	惰行
	速度(km/h)	44.8	53.4
	纵向力(kN)	548	140
11.5 / 0 900 / 750	工况	牵引30位	制动(r−0.5)
	速度(km/h)	64.4	68.8
	纵向力(kN)	246	152

注：箭头方向代表列车运行方向。

表 62　黔桂线 DF 双机重联牵引列车通过变坡点的纵向力(部分大值)

(i_x 为 13‰,Q 为 1993～2230t)

断面示意	项目	测定车位			
		机次位		$1/2L_{列}$ 位	$2/3L_{列}$ 位
		→	←	←	→
2.5 / 12.0	工况	惰行	牵引 15 位	牵引 6 位	惰行
	速度(km/h)	35.0	22.5	20.5	38.0
	纵向力(kN)	300	260	167	49
10.4 / 1.2	工况	制动(r—0.4)	—	—	制动(r—0.5)
	速度(km/h)	53.0	—	—	64.5
	纵向力(kN)	40	-	—	40
3.0 / 8.5	工况	牵引 15 位	牵引 12 位	牵引 8 位	牵引 15 位
	速度(km/h)	39.5	55.0	60.5	54.0
	纵向力(kN)	154	85	158	73
2.5 / 11.3	工况	惰行	牵引 16 位	牵引 14 位	惰行
	速度(km/h)	52.50	23.5	19.5	48.0
	纵向力(kN)	32	262	159	52
0 / 9.9	工况	牵引 8 位	牵引 16 位	退级中	惰行
	速度(km/h)	26.0	26.0	30.0	31.0
	纵向力(kN)	72	235	132	45
2.2 / 10.2	工况	惰行	牵引 16 位	牵引 14 位	惰行
	速度(km/h)	46.0	22.5	24.0	48.5
	纵向力(kN)	45	272	169	58
11.0 / 2.2	工况	制动(r—0.8)	牵引 14 位	牵引	惰行
	速度(km/h)	58.0	46.5	50.0	57.0
	纵向力(kN)	−35	94	−22～41	−56

续表 62

断面示意	项 目	测定车位			
		机次位		$1/2L_{列}$ 位	$2/3L_{列}$ 位
		→	←	←	→
1.6 10.0	工况	制动(r—0.8)	牵引 14 位	牵引 16 位	惰行
	速度(km/h)	42.0	32.0	33.0	50.5
	纵向力(kN)	63	192	145	94
7.6 3.1	工况	惰行	牵引 14 位	牵引 14 位	惰行
	速度(km/h)	59.0	65.0	67.0	59.0
	纵向力(kN)	−34	65	−52	−64

注：箭头方向代表列车运行方向。

表 63 大秦线电力牵引重载列车通过变坡点的纵向力

断面示意(‰/m)	运行工况	机车类型及牵引质量(t)	速度(km/h)	挽钩最大纵向力(kN)
→运行方向 10.5 0 4 0 4 0 0.5 3.9 3 1 4 0	起动	SS_3×2 10698	40	750
	惰行→牵引	SS_1 组合 10397	45	300
	牵引	SS_1 5098	36	300
→运行方向 10.5 9 5 1 3 2 2 4 2180 500 500 500 600 500 500 1250	制动(r—0.7)	SS_3×2 10698	65	−200
	电制动→惰行	SS_1 组合 10397	60	−200
	惰行	SS_1 5098	49	0
→运行方向 11 8 4 0 2.5 3.5 4 850 510 500 500 500 636 214	电阻制动→惰行→牵引	SS_3×2 10698	68→65→57	−360→0→550
	电阻制动→惰行→牵引	SS_1 组合 10397	60→58→48	−270→0→350
	制动(r—0.6)→惰行→牵引	SS_1 5098	60→52→48	−200→0→350

续表 63

断面示意 (‰/m)	运行工况	机车类型及牵引质量(t)	速度 (km/h)	挽钩最大纵向力 (kN)
→运行方向 3.6 500; 3.2 950; 2 200; 2 200; 6 200; 9.6 7520	牵引→调速 (r—0.7)	$SS_3\times2$ 10698	40→60	500→ −700
	牵引→惰行 →调速 (r—0.7)	SS_1 组合 10397	50→45 →60	280→0 →−200
	牵引→调速 (r—0.7)	SS_1 5098	60→60	200→ −180

注:箭头方向代表列车运行方向。

由表可知,列车在实际运行中,在一定的纵断面形式下,必然配以与之相适应的操纵工况,如起伏断面上以牵引为主,间或转惰行;凹形断面上常为制动转惰行再转牵引;凸形断面上常为牵引转惰行再转调速制动等等。而在确定纵断面连接标准的模拟计算中,均是选择了最不利的工况组合,故计算出的最大纵向拉压力均比实测的大,说明模拟计算中对工况的选择留有了安全余量。此外,实测的列车通过变坡点的纵向力均未超出国家现行标准《铁道车辆强度设计及试验鉴定规范》TB 1335 的规定,也未发生断钩事故。说明在变坡点设置了竖曲线以后,坡度差以及坡段长度对列车纵向力的影响很小,不会造成断钩危险。

3.2.8 本条对文字表述进行了修订,并增加了路段设计速度160km/h 区段的竖曲线设置原则和标准,删减了Ⅲ级铁路竖曲线设置标准。

为了缓和变坡点坡度的急剧变化,使列车通过变坡点时不脱轨、不脱钩和产生的附加加速度不超过允许值,相邻坡度差大于一定限度时,应在变坡点处设置圆曲线型的竖曲线。

1 竖曲线半径 R_v。

1)列车通过变坡点不脱轨要求。相邻坡段成折线连接时,内燃、电力机车的前转向架中间轴未通过变坡点前,机车前轮将呈悬

空状态，其最大悬空值不能超过轮缘高度。

我国使用的电力、内燃机型产生最大悬空值是 SS_4 型机车，其重心至前转向架第一轮中心的距离为 5.60m，磨耗型踏面轮缘高度为 25mm，则保证不脱轨的 Δi 为：

$$\Delta i \leqslant 0.025/5.60 = 4.5(‰)$$

以上没有考虑运行中的机车，在重力作用下将以重心所在的车轮为支点的回转作用和机车第一轮轮对的下落活动量，是留有余地的。考虑到在纵距为 10mm 左右而不设竖曲线时，在施工、养护时变坡点处轨面亦能自然形成竖曲线，因此，Ⅰ、Ⅱ级铁路相邻坡段的坡度差大于 3‰时，以竖曲线连接，从理论上分析，并未超出不脱轨所要求的坡度差。本次规范修订纳入路段设计速度 160km/h，为保证行车安全和旅客舒适性要求，参照国外有关规定，规定时速 160km/h 的客货共线运行铁路，当相邻两坡度差大于 1‰时，应采用圆曲线型的竖曲线连接。

2)满足行车平稳要求。列车通过变坡点时产生竖直离心力和离心加速度 a_v，竖曲线半径 R_v(m)与行车速度 V(km/h)及 a_v(m/s^2)的关系为：

$$R_v = \frac{V^2}{3.6^2 a_v} \tag{73}$$

国外经验，当 a_v 值在 0.3～1.0m/s^2 范围内时，不致引起旅客的不舒适感觉。国外高速客运专线一般取 0.2～0.35m/s^2，法国困难条件下取 0.5～0.6m/s^2，日本困难条件下取 0.5m/s^2，前苏联采用 0.15m/s^2。我国广深线 200km/h 试验段采用 0.15m/s^2。考虑到本规范适用于旅客列车设计行车速度为 160km/h，故取 a_v 值为 0.15m/s^2 和 0.2m/s^2、路段设计速度为 160km/h 时按公式(73)计算满足行车平稳要求的最小竖曲线半径分别为 13200m 和 9880m。

3)满足不脱钩要求。列车在变坡点处，由于相邻车辆的相对斜倾，使相邻车钩的中心线上下错动，如超过限定的数值时，就易

引起上下脱钩。

《铁路技术管理规程》(简称《技规》)规定,车钩允许的上下活动量货车为 75mm,客车为 60mm。在该允许值中应考虑造成相邻车钩中心线上下错动的因素有:

①空、重车相邻连接差 20mm;

②车轮踏面的允许磨耗:客车不能大于 8mm,货车不能大于 9mm;

③轮对轴颈允许磨耗值 10mm;

④轴瓦、轴瓦垫、转向架上下心盘允许总磨耗 24mm;

⑤轨道维修的允许水平差所引起的上下位移,货车为 1mm,客车为 2m。

综合以上最不利因素,即相邻车体一为新的空车,另一为各方面都磨耗到限的旧重车,且轨道水平养护误差也是最大时,相邻车钩中心线上下位移值为:

货车:$\sum f=20+9+10+24+1=64$(mm);

客车:$\sum f=8+10+24+2=44$(mm)。

变坡点处相邻车辆相对斜倾引起的车钩中心线上下位移允许值为:

货车:$f_R=75-64=11$(mm);

客车:$f_R=60-44=16$(mm)。

列车通过竖曲线时,由于相邻车辆相对斜倾引起的车钩中心线上下位移值,经过化简后,相应竖曲线半径近似公式得:

$$R_v=\frac{(L+d)d}{2f_R} \tag{74}$$

式中 R_v——竖曲线半径(m);

L——车辆两转向架中心距(m);

D——转向架中心至车钩中心距(m)。

在上式中代入车辆的最长 L 和 d 值,以及 f_R 的允许值,可以计算出保证不脱钩条件的最小竖曲线半径。如以 P_{13}(60t 棚车)、

D_{10}(90t 凹底车)、RW_{22}(软卧车)、YZ_{25G}(空调硬座车)、SYW_{25B}(双层空调硬卧车)计算,最小竖曲线半径 R_v 分别为 1750m、2250m、2450m、2550m、2850m。

4)竖曲线半径与列车纵向力的关系。参见本规范第 3.2.6、3.2.7 条条文说明。综合以上分析,为了行车平稳和安全,改善行车条件,并考虑原有竖曲线标准和运营养护实际情况,本规范规定,路段设计速度为 160km/h 时,铁路竖曲线半径为 15000m;路段设计速度小于 160km/h 的Ⅰ、Ⅱ级铁路竖曲线半径为 10000m。

2 竖曲线不应与缓和曲线重叠,也不应设在明桥面上,并不应与道岔重叠。且当路段设计速度大于 120km/h 时,缓和曲线地段、明桥面上、正线道岔范围内不得设置变坡点。

1)竖曲线不应与缓和曲线重叠。缓和曲线范围内,外轨超高一般以不大于 2‰的超高递增坡度逐渐升高,在竖曲线范围内的轨顶将以一定变率圆顺地变化,若两者重叠,将有如下影响:

①内轨轨顶维持竖曲线的形状,而外轨轨顶则由于超高改变了坡度,这在一定程度上改变了竖曲线和缓和曲线在立面上的形状。

②给养护维修带来一定的困难。外轨短坡变率因平、竖曲线重叠而有所变化。如要做成理论要求的形状,则养护工作要求较高,而目前竖曲线的养护维修以"目视圆顺"为准,不易做成理论要求的形状,且也难于保持。

2)竖曲线不应设在明桥面上。明桥面上不应设置变坡点,竖曲线也不应伸入桥面。明桥面上如有竖曲线时,其曲率需要用木楔调整,每根木枕厚度都不一样,且需特制,并要固定位置顺序铺设,给施工养护带来困难。故明桥面桥应将全桥设在一个坡度上,竖曲线不应伸入桥面。

3)竖曲线不应与道岔重叠。车站纵断面的竖曲线应避免设在正线道岔范围内,因为道岔为正线线路的薄弱部分,其主要部件的尖轨和辙叉应位于同一平面上,如将其设在竖曲线的曲面

上，则将影响道岔的正常使用，也增加养护困难。同时，如道岔的导曲线和竖曲线重合，列车通过的平稳性更差，会增加列车的摇摆和震动。因此，应将竖曲线设在道岔范围外，使竖曲线和道岔不相重叠。

另外，竖曲线与竖曲线不应重叠设置，为了避免列车竖向震动相互重叠，影响行车舒适度，一般情况下两竖曲线间的距离 D 不小于 50m，困难时可用 30m。

缓和曲线地段、明桥面上、正线道岔范围内均为线路轨道的薄弱地段，在此地段设置变坡点，将形成轻微的竖向不平顺点，增加列车竖向激扰震动，影响旅客列车行车舒适度，增加线路养护维修的难度，且行车速度越高，影响越大。因此，当路段设计速度大于120km/h 时，缓和曲线地段、明桥面上、正线道岔范围内不得设置变坡点。

3 当路段设计速度达到 160km/h 时，列车运行在凸形竖曲线与平面圆曲线重叠设置的区段时，列车产生竖向离心加速度，减少了重力加速度对未被平衡水平方向离心加速度的抵消作用，相对加大了未被平衡离心加速度，即加大了列车运行时产生的欠超高，降低了旅客舒适度。竖曲线与圆曲线重叠设置，对轨面保持平顺性和养护维修带来困难。为此，竖曲线与平面圆曲线不宜重叠设置。

路段设计速度达到 160km/h，若反向凹形竖曲线设在桥梁上，由于列车通过变坡点时产生竖直离心力和离心加速度增加了对桥梁和轨道的附加作用力。客运列车轴重小，但对行车舒适度要求高。为满足行车平稳要求，不致引起旅客的不舒适感觉，故增大了竖曲线半径。

根据公式 $a_v=\dfrac{V^2}{R}$ 计算，$a_v=0.13\text{m/s}^2$，满足舒适度的要求，其增加的附加力很小。货运列车轴重大，但速度低，其增加的附加力也很小。因此，除明桥面以外，在桥梁和隧道内均可设置变坡点和

竖曲线。

由于路段设计速度达到160km/h时的线路平面标准较高，平面曲线较长，若避免两者重叠设置，变坡点及竖曲线只能设在直线上，致使纵断面设计坡度难以合理地适应地形的起伏变化，势必将引起工程投资较大幅度的增加。同时考虑减小圆曲线上未被平衡离心加速度对列车运行舒适度的影响，参考国内外研究成果，本规范规定，在困难条件下竖曲线可与较大的圆曲线重叠设置，圆曲线半径不小于2500m。特殊困难条件下，经经济技术比选，竖曲线可与半径不小于1600m的圆曲线重叠设置。

4 改建既有线和增建第二线的竖曲线标准。改建既有线和增建第二线，一般采用本条规定的标准，但考虑到过去规范采用两种类型的竖曲线，因此，在不低于本规定标准的条件下，允许保留原有竖曲线类型(主要指抛物线型竖曲线)。困难条件下竖曲线的位置可不受缓和曲线位置的限制。竖曲线与道岔重叠处，若改造引起困难工程，当各级铁路路段旅客列车设计行车速度小于或等于100km/h，且竖曲线半径不小于10000m时，可予保留。

3.2.9 改建铁路与增建第二线的轨面高程差。

1 第二线与既有线的轨面高程差(区间正线)。增建第二线与既有线在共同路基上时，若两轨面高程相同，对运营、维修有很多方便；而有一定高差时，则有以下缺点：

1)下方线路被雪埋的可能性增加；

2)增加横向排水困难，容易造成下方线路道床积水；

3)线路维修不便。

因此，增建第二线与既有线在共同路基上时，应将两线轨面高程设计为等高(曲线地段两线内轨轨面等高)，并且轨面高程应按新建双线道床标准厚度规定设计。但由于增建第二线时，对既有线采取了削减动能坡度，延长坡段长度，整治道床和路基病害等改建措施，或因保留既有线建筑物等原因，很难完全做到增建第二线与既有线在共同路基上没有高程差。因此，为了减少改建工程，两

线线间距不大于 5m 时，个别地点的设计轨面高程差最大不超过 30cm。

2 易受雪埋地点两线轨面允许高程差。线路位于下列情况，易发生雪害：

1)当地降雪厚度大；

2)风力 3～5 级(风雪或雪后随即刮风)，风向与线路方向斜交或正交；

3)线路位于风口地段或背风一侧的开阔的慢坡地段。

根据东北及内蒙古地区的雪害情况分析，路堑容易发生雪害，而且情况严重，清理困难，路堑越长越不好清理。东北及内蒙古地区均有雪害而造成停运的事例。

在设计第二线与既有线并行不等高时，则较高一侧的线路轨面以上若有积雪厚度 15cm，则较低一侧的线路因风带雪受阻于上方线路，轨面以上积雪厚度就可能增至 30cm 左右，轨面高程差越大，下方积雪就越厚，容易造成雪害和增加清理积雪和养护的困难。

为了强求两线轨面等高，过多的增加工程数量或引起废弃工程，以避免雪害也是不适宜的。实践证明，可以采取一定的防护措施以避免雪害，且发生雪害后的处理工作也比其他病害简单，而且没有后遗症，但通常为了减轻清理积雪的工作和避免发生停运，在易受雪埋的个别地段，允许轨面高程差不大于 15cm。

3 道口处两线轨面高程差。

1)道口处两线一般不应有轨面高程差，使道路上各种车辆能迅速、顺利地通过道口，避免在道口处因有坡度而引发机动车熄火，发生意外事故。

2)在困难条件下，根据铁路工务维修规则的规定，可有不大于 10cm 的轨面差，以保证各种车辆顺利通过铁路，如两线中心线间距稍大于 5m 的并肩道口，在不增大两线间平台坡度的条件下，可加大两线轨面高程差，所形成的坡度不得大于 2%。

3.2.10 在既有线纵断面改善中，采用起道的方式较落道不仅可以节省工程，而且一般在施工时不需中断行车。采用挖切路基的方式，在正常通车情况下进行施工是有困难的，往往需要修建施工便线或采取其他措施。因而在改建原则上应"多抬少挖"。仅在为了充分利用既有建筑物，减少改建工程时，在下列情况才允许挖切路基：

1 抬道后将影响建筑限界，如隧道内、跨线桥下和电力牵引受接触网高度控制的地段。

2 受建筑物限制，抬道将引起困难工程时，如大、中桥的两端引线上，抬高线路将引起桥梁抬高。

3 在车站站坪外的线路上，因抬高线路将引起车辆咽喉区改建。

4 结合路基或道床病害的整治，需要挖切路基的地段。

在采用道碴起道调整既有线轨面高程时，其抬道高度一般认为每次起道高度在 0.15～0.2m 为宜。这样，抬道高度为 0.5m 时，在施工中抬道不超过 3 次即可满足。如抬道高度超过 0.5m 时，可用符合路基填筑要求的渗水土抬高路基。特殊情况下，经具体分析研究，用道碴起道高度也可超过 0.5m。

个别地段为了避免桥、隧建筑物等工程改建，在不过多降低线路强度的情况下，个别地点也可采用挖切道床的方法降低高程。降低后的道床厚度可较标准道床厚度减薄 5cm，其范围一般不超过 200m，但在任何情况下，最小道床厚度不得小于 25cm，以保障行车安全。

3.2.11 明桥面桥设在坡道上时，由于钢轨爬行的影响，难于锁定线路和维持轨距标准，容易造成病害，危及行车安全，也会给养护带来很大困难，必须设在坡道上时，最大坡度以不超过 4‰为宜。只有在地形特殊困难的条件下，经过方案比选，提出充分依据时，方可将跨度大于 40m 或桥长大于 100m 的明桥面桥设在大于 4‰的坡道上，但不宜大于 12‰，同时对钢轨的爬行及支座受力情况

应采取一定的措施。

根据有关施工单位意见，采用梁跨32m的预应力混凝土梁桥时，在桥上及桥头引线上架桥机架桥活动范围内，线路坡度如超过15‰～20‰，架桥机起动与定位困难，应与施工单位共同研究，保证顺利铺轨架桥的措施。

3.2.12 隧道的坡型有单面坡和人字坡两种形式，单面坡道有利于紧坡地段争取高度和长隧道的运营通风；人字坡道则有利于从隧道两端同时施工时排水、出碴。设计时，应结合隧道所在地段的线路纵断面、隧道长度、牵引种类、地形、工程地质与水文地质、施工条件等具体情况，全面考虑，合理选择。位于紧坡地段的隧道，宜设计为单面坡道；位于自由坡度地段的隧道，则可根据地形、地质条件及其他因素设计为单面坡道或人字坡道。

内燃牵引的长隧道内设人字坡后，由于双向上坡列车排出的大量废气容易聚集在坡顶附近，恶化运营和养护维修工作条件，给机车乘务人员和洞内养护维修人员带来长期危及身体健康的不良影响。在需要设置双向通风时，还须增大工程投资和长期运营费用，而且还会因双向通风时间较长，降低区间通过能力。长隧道内线路坡型的选择应以改善长期运营条件为主，优先考虑设置单面坡。隧道内地下水量大，工期紧迫而双向运营通风尚不影响通过能力和线路高度损失不大的情况下，经比选也可设计为人字坡。

电力牵引的长隧道，一般也宜选用单面坡，如地下水发育，工期紧迫，且对线路高度影响不大的情况下，可设计为人字坡。

由于隧道排水需要，洞身坡度不宜小于3‰。寒冷及严寒地区有水的隧道，在设置防寒水沟地段可适当加大线路纵坡，以减少冬季排水冻害的影响。

3.2.13 本条说明如下：

1 站坪坡度。为了作业安全，站坪宜设在平道上。规范规定的最大站坪坡度标准对列车进站安全停车均能满足。保证列车起动是所有设在坡道上的车站均要满足的条件，可通过牵引计算解

决。现将车辆溜逸及站内作业条件等问题分析如下：

1)车辆自动溜逸。从理论上分析，车辆单位坡道阻力 i（相当于下坡方向的单位分力）小于车辆开始溜动的单位起动阻力 ω，车辆才不致溜走，即 $i<\omega$。

滚动轴承货车由静止状态开始溜逸的单位起动阻力与车辆的种类、车辆的载重、车辆的连挂辆数（车组的组成）有关；还与环境条件如风力、气温、轨道弹性、相邻线路通过列车时产生的震动和列车风等有关。铁道部科学研究院运输经济研究所在《铁路车站站坪最大坡度合理取值的研究》中，对 54 辆滚动轴承货车的溜逸起动阻力进行了 678 次测试，计算了自然风对不同车组的单位气动力，并对不同车辆组成的车组在不同风力、不同线路坡度条件的溜逸概率进行模拟计算，为确定站坪的合理坡度提供了基本的参数和重要的依据。

①滚动轴承货车溜逸单位起动阻力测试。

测度的环境条件：无风，气温 15～25℃。测试结果见表 64。

表 64　滚动轴承货车的溜逸单位起动阻力测试数据

车辆种类	空、重车	辆数	单位起动阻力(N/kN)
棚车	重	1	2.514
罐车	重	1	2.542
敞车	空	1	3.512
	重	1	$\frac{2.700}{1.350\sim4.413}$
平车 其中：N_{16}，N_{17} 平车 N_{17A} 平车	重	1	$\frac{2.030}{0.435\sim4.161}$
		2	2.431
	重	1	$\frac{1.691}{0.435\sim2.762}$
	重	1	$\frac{2.161}{0.968\sim4.161}$

注：溜逸单位起动阻力栏中，分母为测试值的范围，分子为测试值的平均值。

从表 64 可以看出：

不同类型车辆的溜逸单位起动阻力不同，重载敞车为2.700 N/kN；重载 N_{16}、N_{17}平车仅为 1.691N/kN。

不同载重车辆的溜逸单位起动阻力不同，空载敞车为3.152 N/kN；重载敞车仅 2.700N/kN。

车辆连挂辆数不同，溜逸单位起动阻力也不同，单辆重载平车为 2.030N/kN；两辆连挂重载平车为 2.431N/kN。

按表 64 的测试数据拟合后的正态分布曲线，重车流的溜逸平均单位起动阻力为 2.340N/kN。实测最小值为 0.435N/kN。

②风对车辆溜逸的影响。自然风对车辆产生的气动力与坡度对车辆产生的下滑力方向一致，且它们的合力大于车辆或车组的溜逸起动阻力时，将导致车辆或车组发生溜逸。

根据前苏联对车组进行的风洞试验，风对车组的作用力由三部分组成：正面风的作用力约占风的作用力的 71%；车辆表面风的摩擦力约占风的作用力的 21%；车辆尾部由于负压差形成的涡流产生的作用力，约占 10%左右。

a. 风对单个车产生的单位气动力。风对单个车产生的气动力，根据空气动力学的基本原理，可按下面简化后的公式计算：

$$F_{风}=0.063\frac{Kf}{Q}(V_{车}\pm V_{风}\cdot\cos\beta)^2 \qquad (75)$$

式中 K——风向系数，当 $\beta=0°$时，$K=1$；当 $\beta=25°$时，C_{62A}的 $K=1.25$，P_{62}的 $K=1.45$；$\beta=30°$时，C_{62A}的 $K=1.35$，P_{62}的 $K=1.55$；

f——受风面积（m^2），C_{62A} 满载时为 7.1m^2，空载时为 8.7m^2；P_{62}关好门窗后为 10m^2；

β——自然风的风向与车辆中轴线的夹角(°)。

根据国内外多次进行的风洞试验结果表明，$\beta=25°$时，风对车辆的单位气动力最大。

当 $\beta=25°$ 时，0～8 级风对 C_{62A} 和 P_{62} 空重车的气动力见表 65。

表 65 $\beta=25°$ 时 0～8 级风对 C_{62A} 和 P_{62} 空重车的单位气动力

风级	风名	风速 (m/s)	风的单位气动力(N/kN)			
			C_{62A}		P_{62}	
			重载	空车	重载	空车
0	无风	0～0.2	0	0～0.001	0	0～0.001
1	软风	0.3～1.5	0.001～0.013	0.003～0.063	0.001～0.021	0.003～0.077
2	轻风	1.6～3.3	0.015～0.063	0.072～0.307	0.024～0.102	0.087～0.371
3	微风	3.4～5.4	0.066～0.167	0.326～0.822	0.108～0.273	0.394～0.994
4	和风	5.5～7.9	0.174～0.358	0.852～1.758	0.283～0.584	1.031～2.127
5	清风	8.0～10.7	0.367～0.657	1.803～3.226	0.599～1.072	2.182～3.903
6	强风	10.8～13.8	0.670～1.093	3.286～5.365	1.092～1.783	3.976～6.492
7	劲风	13.9～17.1	1.109～1.679	5.443～8.238	1.809～2.738	6.586～9.968
8	大风	17.2～20.7	1.698～2.460	8.335～12.072	2.770～4.012	10.085～14.606

b. 风对车组(或车列)产生的单位气动力。风对车组(或车列)产生的作用力的计算方法与单个车不完全相同。在风向与车组轴线的夹角较小时，由于第一轴车对后面的车辆的屏蔽作用，后面车辆的前端板受到风的正面推力要小得多；车辆后端板尾部涡流主要产生在车组(或车列)的尾部。因此，风对车组(或车列)产生的作用力相当于风对一个单辆车产生的作用力和风对 $(n-1)$ 辆车表面的摩擦力之和，即：

$$F_{组风}=0.063\frac{Kf}{Q}(V_{车}\pm V_{风}\cdot\cos\beta)^2[1+(n-1)\times25\%]/n \quad (76)$$

式中 $F_{组风}$——风对车组的单位气动力(N/kN)；

$V_{车}$——车速，停留车为零(m/s)；

$V_{风}$——风速(m/s)；

n——车组中的车辆数(辆)；

β——风向角(°)。

$\beta=25°$ 时，各级风对 C_{62A} 型不同车辆数组成的车组产生的单位气动力见表 66。

表66 各级风在风向β=25°时对C_{62A}型不同车辆数的车组产生的单位气动力(N/kN)

风级	风速(m/s)	车组中的车辆数(辆)							
		2	5	10	20	30	40	50	60
0	0～0.2	0 / 0～0.001	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
1	0.3～1.5	0～0.008 / 0.002～0.041	0～0.005 / 0.001～0.026	0～0.004 / 0.001～0.021	0～0.004 / 0.001～0.019	0～0.004 / 0.001～0.018	0～0.004 / 0.001～0.018	0～0.004 / 0.001～0.017	0～0.004 / 0.001～0.017
2	1.6～3.3	0.010～0.041 / 0.047～0.199	0.006～0.026 / 0.030～0.127	0.005～0.026 / 0.024～0.104	0.004～0.019 / 0.022～0.092	0.004～0.018 / 0.021～0.088	0.004～0.017 / 0.020～0.080	0.004～0.017 / 0.020～0.084	0.004～0.017 / 0.020～0.084
3	3.4～5.4	0.043～0.109 / 0.211～0.533	0.028～0.070 / 0.135～0.341	0.022～0.057 / 0.110～0.277	0.020～0.050 / 0.097～0.245	0.019～0.048 / 0.093～0.235	0.019～0.047 / 0.091～0.229	0.018～0.046 / 0.090～0.226	0.018～0.046 / 0.089～0.224
4	5.5～7.9	0.113～0.233 / 0.553～1.141	0.072～0.149 / 0.354～0.730	0.059～0.121 / 0.288～0.593	0.052～0.107 / 0.254～0.525	0.050～0.102 / 0.243～0.502	0.049～0.100 / 0.238～0.491	0.048～0.099 / 0.235～0.484	0.047～0.098 / 0.232～0.479
5	8.0～10.7	0.239～0.427 / 1.170～2.094	0.153～0.273 / 0.749～1.340	0.124～0.222 / 0.609～1.089	0.110～0.197 / 0.538～0.963	0.105～0.188 / 0.515～0.921	0.103～0.184 / 0.503～0.900	0.101～0.181 / 0.496～0.888	0.100～0.179 / 0.492～0.879
6	10.8～13.8	0.435～0.711 / 2.133～3.483	0.279～0.455 / 1.365～2.229	0.226～0.369 / 1.109～1.811	0.200～0.327 / 0.981～1.602	0.191～0.313 / 0.939～1.532	0.187～0.306 / 0.917～1.498	0.185～0.301 / 0.904～1.477	0.182～0.298 / 0.896～1.463
7	13.9～17.1	0.721～1.091 / 3.533～5.347	0.461～0.698 / 2.261～3.422	0.375～0.567 / 1.867～2.871	0.332～0.502 / 1.625～2.460	0.317～0.480 / 1.555～2.353	0.310～0.469 / 1.519～2.299	0.306～0.462 / 1.498～2.267	0.303～0.458 / 1.484～2.246
8	17.2～20.7	1.104～1.599 / 5.410～7.836	0.706～1.023 / 3.463～5.015	0.574～0.831 / 2.813～4.075	0.508～0.735 / 2.489～3.605	0.486～0.703 / 2.380～3.448	0.475～0.687 / 2.326～3.369	0.468～0.678 / 2.294～3.322	0.464～0.671 / 2.272～3.291

注：表中分母为对重车组产生的单位气动力，分子为对空车组产生的单位气动力。

从表 65 和表 66 所列出的计算结果可以看出：

风对单辆车的溜逸影响很大，对空载单辆的影响更大，当 β= 25°时，5 级风对 C_{62A} 型和 P_{62} 型单辆空车的单位气动力已达3.226 N/kN，大于单辆车的溜逸平均单位起动阻力 2.340N/kN，如不采取防溜措施，即使在平道上，也会有发生溜逸的可能。

风对多辆车组成的车组产生的单位气动力比单辆车小得多。5 辆车组成的空车车组，5 级风时的单位气动力相当于单辆空车单位气动力的 42%，50 辆车组成的空车车组，5 级风时的单位气动力仅相当于单辆空车单位气动力的 28%。由此可见，整列重车被风刮溜的可能性很小。

③邻线列车通过时产生的振动和“列车风”对车辆溜逸的影响。邻线有列车通过时产生的振动和“列车风”，也可能诱发车辆溜逸。铁道部科学研究院标准计量研究所于 1986 年 7 月 30 日至 8 月 11 日在兰新线河口南车站试验时，做过三种坡度的试验。第一次将线路坡度做成 1.4‰，一辆 C_{62A} 型重载货车在线路上停留一昼夜，在此时间内，上、下行侧线通过 4 列重载货车，被试车辆未溜。第二次将线路坡度做成 2.0‰，把被试车辆用撬棍撬上停妥，撤去撬棍后车辆即自行向下坡方向溜逸。第三次将线路坡度做成 1.7‰，被试车辆可在此坡道上停住，但当邻线通过一列重车时，被试车辆被诱发溜逸 470m 后停住。

上述试验表明，邻线通过列车产生的振动和“列车风”引起的溜逸单位气动力在 0.3N/kN 左右，与滚动轴承阻力和风力的影响比较是较小的因素。

④环境温度和轨道弹性变形对车辆溜逸的影响。环境温度和轨道弹性变形对车辆溜逸单位起动阻力有一定影响。夏季时，环境温度高，轴温比环境温度更高，润滑油变稀并下沉在轴承下部，单位起动阻力略有些大；冬季时，环境温度低，轴油粘度大，单位起动阻力也会变大些。车辆在轨道上停留时，车轮下的轨道在轮重作用下有小的变形，对车辆的单位起动阻力也会有一定的影响。但是这两种因素对车辆溜逸单位起动阻力影响较小，目前还无法

做出定量分析;另外这两个因素都是有利于防止车辆溜逸的,故本次研究时不计入这两方面的影响。

⑤车辆溜逸的动态模拟。单个车和不同车组对应各种风速和不同坡道条件的溜逸概率需进行动态模拟计算。

a. 模拟参数:

风速、风向:风速采用无风、3 级、4 级、5 级、6 级、7 级和 8 级,对应的风速平均值分别为 0m/s、4.4m/s、6.7m/s、9.35m/s、12.3m/s、15.5m/s、18.95m/s。风向按对车辆产生最大单位气动力的风向角($\beta=25°$)。

停留车的数量:单个车(即一辆车);车组:车组中的车辆数分别为 2、5、10、20、30、40、50、60 辆。

车型:根据铁基[1987]498 号文“关于 1995 和 2000 年设计年度各车型百分比有关数据的通知”,2000 年以后货车中,棚车、敞车、平车、罐车和保温车的比例分别为 22.8%,64.5%,4.8%,4.5%和 3.4%。

车辆载重:根据铁道部计划统计司的统计资料,车辆平均载重分布频率见表 67。

表 67　车辆平均载重分布频率

平均载重(t)	0	20	30	40	50	54	60	64
累计频率(%)	0.5	1.0	1.1	1.4	26.5	31.6	97.1	100.0

模拟过程中,各辆车的载重按表 67 的分布频率随机产生。

各辆车的起动阻力根据试验数据按正态分布自动生成,即:

$$W_j=\overline{W}_j+1.414\sigma\left(\sum_{j=1}^{\sigma}\mu_j-3\right) \tag{77}$$

式中　W_j——车辆的溜逸单位起动阻力(N/kN);

$\overline{W}_j$——车辆的溜逸平均单位起动阻力(N/kN);

σ——阻力的均方差;

μ_j——随机数。

b. 模拟计算及模拟结果。在模拟时,每次采用不同的随机数

据流，以实现独立运行。另外，为减少重复运行次数，获得较小的置信区间和较高的模拟精度，采用了方差缩减技术中的对偶变量法。

总共进行了 3276 次模拟计算。其中模拟单个车(空重混合总体)对应 7 种风速(0.1～18.95m/s)，25 种坡度(0～2.5‰)共 182 种情况的溜逸概率和对应的均方差，模拟单个重车 182 种情况的溜逸概率和对应的均方差；各种车组按混合和重车两种情况，每组共模拟 364 次。现将典型的模拟结果列于表 68～表 70 中。

在无风条件下不同车组的溜逸概率，见表 68 和表 69。

表 68　无风时在 2.5‰坡道上的溜逸概率

序号	坡度(‰)	风速(m/s)	风向 α(°)	车数(辆)	溜逸概率(%)	均方差 σ	车流结构	备注
1	2.5	0.1	25	1	54	0.03	混合	混合车流是指统计对象不是全部重车
2	2.5	0.1	25	1	58	0.04	重车	
3	2.5	0.1	25	2	58	0.01	混合	
4	2.5	0.1	25	2	61	0.01	重车	
5	2.5	0.1	25	5	60	0.01	混合	
6	2.5	0.1	25	5	65	0.02	重车	
7	2.5	0.1	25	10	66	0.02	混合	
8	2.5	0.1	25	10	71	0.01	重车	
9	2.5	0.1	25	20	72	0.02	混合	
10	2.5	0.1	25	20	79	0.01	重车	
11	2.5	0.1	25	30	77	0.01	混合	
12	2.5	0.1	25	30	82	0.01	重车	
13	2.5	0.1	25	40	80	0.02	混合	
14	2.5	0.1	25	40	86	0.00	混合	
15	2.5	0.1	25	50	84	0.01	重车	
16	2.5	0.1	25	50	90	0.01	混合	
17	2.5	0.1	25	60	84	0.00	重车	
18	2.5	0.1	25	60	90	0.00	混合	

表 69　无风时在 1.5‰～2.0‰坡道上的溜逸概率

序号	坡度(‰)	风速(m/s)	风向 α(°)	车数(辆)	溜逸概率(%)	均方差 σ	车流结构	备注
1	1.5	0.1	25	1	16	0.01	混合	混合车流是指统计对象不是全部重车
2	1.5	0.1	25	1	17	0.01	重车	
3	1.5	0.1	25	2	7	0.00	混合	
4	1.5	0.1	25	2	8	0.00	重车	
5	1.5	0.1	25	5	1	0.00	混合	
6	1.5	0.1	25	5	1	0.00	重车	
7	1.5	0.1	25	10	0	0.00	混合	
8	1.5	0.1	25	10	0	0.00	重车	
9	1.5	0.1	25	20	0	0.00	混合	
10	1.5	0.1	25	20	0	0.00	重车	
11	1.5	0.1	25	30	0	0.00	混合	
12	1.5	0.1	25	30	0	0.00	重车	
13	1.5	0.1	25	40	0	0.00	混合	
14	1.5	0.1	25	40	0	0.00	重车	
15	1.5	0.1	25	50	0	0.00	混合	
16	1.5	0.1	25	50	0	0.00	重车	
17	1.5	0.1	25	60	0	0.00	混合	
18	1.5	0.1	25	60	0	0.00	重车	

在 8 级风条件下不同车组的溜逸概率，见表 70。

表 70　8 级风时在 1.5‰坡道上的溜逸概率

序号	坡度(‰)	风速(m/s)	风向 α(°)	车数(辆)	溜逸概率(%)	均方差 σ	车流结构	备注
1	1.5	18.95	25	1	98	0.01	混合	混合车流是指统计对象不是全部重车
2	1.5	18.95	25	1	99	0.01	重车	
3	1.5	18.95	25	2	89	0.00	混合	
4	1.5	18.95	25	2	86	0.01	重车	

续表 70

序号	坡度(‰)	风速(m/s)	风向 α(°)	车数(辆)	溜逸概率(%)	均方差 σ	车流结构	备注
5	1.5	18.95	25	5	54	0.01	混合	混合车流是指统计对象不是全部重车
6	1.5	18.95	25	5	47	0.01	重车	
7	1.5	18.95	25	10	29	0.01	混合	
8	1.5	18.95	25	10	15	0.01	重车	
9	1.5	18.95	25	20	9	0.00	混合	
10	1.5	18.95	25	20	3	0.00	重车	
11	1.5	18.95	25	30	4	0.00	混合	
12	1.5	18.95	25	30	0	0.00	重车	
13	1.5	18.95	25	40	4	0.00	混合	
14	1.5	18.95	25	40	0	0.00	重车	
15	1.5	18.95	25	50	1	0.00	混合	
16	1.5	18.95	25	50	0	0.00	重车	
17	1.5	18.95	25	60	2	0.00	混合	
18	1.5	18.95	25	60	0	0.00	重车	

从上述模拟结果可以看出：

当线路坡度大于滚动轴承货车的溜逸平均单位起动阻力值(2.365N/kN)的当量坡度2.365‰时，在无风条件下，不论是单个停留车还是车组，发生溜逸的概率均超过50%。车组的车辆越多，溜逸的概率越高，50辆以上的重车列，溜逸的概率高达90%。

当线路坡度小于滚动轴承货车的溜逸平均单位起动阻力值的当量坡度2.365‰时，车辆溜逸的概率明显降低，特别是车组。线路坡度为1.5‰时，在无风条件下，单个车的溜逸概率为16%～17%；两辆车组成的车组的溜逸概率也还有7%～8%；但10车辆以上组成的车组不再溜逸。

在8级风条件下线路坡度为1.5‰时，5辆及以下车组成的车组的溜逸概率大于50%，10辆车以下组成的车组的溜逸概率大于

30%,20 辆以上车组成的车组的溜逸概率均小于 5%。

不同车组在无风条件下不发生溜逸的临界坡度见表 71。

表 71 不同车组在无风条件下不发生溜逸的临界坡度

序号	临界坡度(‰)	风速(m/s)	风向 α(°)	车数(辆)	溜逸概率(%)	均方差 σ	车流结构	备注
1	0.4	0.1	25	1	0	0	混合重车	混合车流是指统计对象不是全部重车
2	0.9	0.1	25	2	0	0	混合重车	
3	1.4	0.1	25	5	0	0	混合重车	
4	1.6	0.1	25	10	0	0	重车	
5	1.7	0.1	25	10	0	0	混合	
6	1.8	0.1	25	20	0	0	重车	
7	1.9	0.1	25	20	0	0	混合	
8	1.9	0.1	25	30	0	0	重车	
9	2.0	0.1	25	30	0	0	混合	
10	2.0	0.1	25	40～60	0	0	混合重车	

风对车辆溜逸的影响随着车辆数的增加而减小。单个车对风的作用异常敏感,4 级风时,单个车溜逸的临界坡度已降至平坡;8 级风时,可使平道上停留的单个车发生溜逸的概率增至 71%,而对于由 50 辆车组成的大车组,无风条件下的溜逸临界坡度为 2‰;7 级风时重车列的溜逸临界坡度只降至 1.6‰。

停在平道上和停留在 1.5‰坡度上的各种车组在各级风的作用下发生溜逸的概率见表 72 和表 73。

表 72 停在平道上的各种车组在各级风作用下发生溜逸的概率

风级(平均风速,m/s) \ 发生溜逸的概率(%) \ 车组含车辆数(辆)	1	2	5	10	20	30	40	≥50
4 级(6.70m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
5 级(9.35m/s)	4	0	0	0	0	0	0	0
6 级(12.30m/s)	11	0	0	0	0	0	0	0
7 级(15.50m/s)	34	4	0	0	0	0	0	0
8 级(18.95m/s)	71	16	0	0	0	0	0	0

表 73　停在 1.5‰坡道上的各种车组在各级风作用下发生溜逸的概率

风级(平均风速,m/s) \ 发生溜逸的概率(%) \ 车组含车辆数(辆)	1	2	5	10	20	30	40	≥50
无风(0.1m/s)	17	8	1	0	0	0	0	0
3 级(4.4m/s)	20	12	1	0	0	0	0	0
4 级(6.70m/s)	27	13	3	0	0	0	0	0
5 级(9.35m/s)	42	24	4	0	0	0	0	0
6 级(12.30m/s)	66	40	11	1	0	0	0	0
7 级(15.50m/s)	88	64	27	7	1	1	0	0
8 级(18.95m/s)	99	89	54	29	9	4	4	2

必须说明,表 72 和表 73 所列的车辆溜逸概率是按下面三个条件计算的,即:车辆都未采取防溜措施,而且车轮闸瓦均按完全松开考虑;单辆车的溜逸单位起动阻力按实测平车溜逸最小起动阻力 0.435N/kN 计算;风向与线路中线轴的夹角按 25°计算。也就是说,表 72 和表 73 的溜逸概率是上列三个最不利条件同时发生时的溜逸概率,实际发生的溜逸概率显然要比上面表列的数值小得多。按上面表列的溜逸概率演绎出来的站坪最大坡度的结论是留有较大安全余量的。

2)站内调车作业条件。由于铁路运输的不断发展,办理甩、挂作业的车站逐年增加,成昆、黔桂、川黔、鹰厦、包兰等线有不少车站,原设计是不办理甩挂车辆作业的车站,即按会让站考虑的,站坪设在 6‰的坡道上,后来要办理作业非常困难,不能保证作业安全。因此,为满足车辆调车作业条件,要求站坪坡度尽量平缓。

根据调查,成昆、贵昆、鹰厦、包兰、兰新等九条铁路,有坡度的车站占总数 50%～80%。其中站坪坡度≥2.5‰的车站占 30%～60%。其中山区铁路的坡度车站比重更大。这说明在困难条件下,由于受地形控制,改建车站还受既有建筑物控制,在满足上述条件下,为缩短线路长度及节省大量工程,站坪也可设在一定的坡道上。

3)国外铁路采用站坪坡度情况。

①德国、捷克站坪最大坡度2.5‰，个别情况不大于10‰；

②日本站坪最大坡度为2.5‰（东海道干线为3‰），个别情况不大于6‰；

③瑞典考虑采用滚动轴承车辆，站坪最大坡度为1.25‰，个别情况允许采用2.5‰；

④前苏联考虑采用滚动轴承车辆，站坪应设在平道上，个别情况允许设在不大于1.5‰的坡度上，在困难条件下坡度可增至2.5‰。

综合以上分析，目前我国采用滚动轴承车辆不断增加，在站坪坡度采用1.5‰的既有车站上，车辆连挂时仍有溜逸现象。因此，为防止车辆溜逸和保证站内作业安全，在设计中应尽量放缓站坪坡度，有条件时可采用凹形坡或设在平道上，困难条件下，可设在不大于1.0‰的坡道上。在特殊困难条件下，如有充分依据，会让站、越行站可设在不大于6‰的坡道上，但不得连续设置，这主要考虑相邻车站可以进行调车作业，为远期发展留有余地。

改建车站在特殊困难条件下，如受桥隧等既有建筑物的控制，为了减少巨大工程，经过充分比选，可保留既有坡度，但应采取防溜安全措施。据调查，从1991年至1994年全路发生溜逸事故的车辆，均未采取防溜安全措施。而凡采取了防溜安全措施的，均未发生车辆溜逸事故。

所有设在坡道上的车站，应根据机车类型和牵引定数通过检算确定列车能起动的坡度。

2 正线咽喉区坡度。车站正线咽喉区坡度应与站坪坡度相同。在困难条件下，为了避免引起大量工程，可设在不大于限制坡度减2‰（相当于道岔阻力）的坡道上。但区段站、客运站不得大于2.5‰，以防止车辆溜逸和有利于调车；为防止道岔爬行，中间站咽喉区的坡度不得大于10‰，有大量调车作业的中间站，咽喉区的坡度不宜大于2.5‰。

改建车站的咽喉区，因延长股道的有效长度，增加股道数量或增设工业企业线等需要延长站坪长度受到区间线路平、纵断面的

控制，或是车站两端受桥、隧建筑物的控制，不能满足限制坡度减2‰的坡度条件时，可将咽喉区设在限制坡度的坡道上，以减少改建工程。考虑到改建既有线时，常在原有坡度上改用双机牵引，以增加输送能力。故本规范规定，改建车站的咽喉区，在特殊困难条件下，有充分的技术依据，可设在不大于限制坡度或双机牵引的坡道上，但区段站、客运站不得大于4‰，中间站不得大于15‰。

3.2.14 设在区间的旅客乘降所，宜设在比较平缓的坡道上，以利于旅客列车的停车、起动和加速。困难条件下可设在不大于8‰的坡道上。特殊困难条件下，有充分的经济技术依据，经行车检算，能保证旅客列车停车、起动和加速的要求，可设在大于8‰的坡道上。

3.2.15 本条说明如下：

1 机外停车的原因。设置进站缓坡是为了使进站信号机外停车的列车能顺利起动，故应了解机外停车的原因、频率及其与行车量、车站性质的关系。

站外停车的原因概括为：

1)不能同时接发列车。但《技规》规定，当车站不能同时接发列车时，对站外停车及起动困难的列车应优先接入，不使站外停车。

2)线路不空闲、咽喉被占用、调车影响。这些属于作业影响，一般是不允许的。

引起机外停车的客观原因是：

①列车早点或晚点到达；

②车站作业延误；

③临时性设备故障；

④接车方向多。

这些客观原因导致的机外停车是不可避免的，故设置进站缓坡有其必要性，但要研究机外停车的频率及其与行车量、车站性质的关系。

2 机外停车的频率及其与行车量、车站性质的关系。从引起机外停车的客观原因分析，机外停车频率与行车量和车站性质有

密切关系。根据九龙坡机务段统计资料分析表明：

1)行车量为42对的小南海～九龙坡区段，每月、每区间机外停车次数高达41次。而行车量为17对的赶水～小南海区段仅为5次。

2)最繁忙的小南海站，每月机外停车次数多达100次，而其他各站平均为8～11次。

3)区段站、给水站、接轨站机外停车次数所占比重达44%。

4)无站外停车的车站数占2%～15%。

这说明客观上并不需要每站设置进站缓坡，而主要应针对作业繁忙的编组站、区段站和接轨站。

3 机外停车对运营的影响。根据近15年上海、郑州、成都、兰州、乌鲁木齐和呼和浩特等六个铁路局的统计资料分析计算表明：

1)平均每年、每站的机外停车次数，各局间差异甚大，大体上行车量大的局机外停车次数多。

2)平均每次停车时间、各局间、各牵引种类间差异不大。

3)机外停车次数随年代的推移呈现波动，能力饱和时机外停车次数增多。站外停车随年代的推移无规律可循，说明停车是随机的，波动不大。

4)根据上述6个铁路局统计资料计算，电力、内燃牵引区段平均每年每站机外停车49次，平均每次停时6.8min。平均每年每站总停时330min。可以认为对运营的影响不大。

4 进站缓坡对工程投资的影响。设置进站缓坡引起高程损失，地形困难时导致线路展长，会增大工程投资。其数值可按下列公式计算：

$$\left.\begin{aligned}A_z &= \Delta L \times A \\ \Delta L &= \Delta H / I_x \\ \Delta H &= \Delta I \times L_h \\ \Delta I &= I_x - I_q \\ L_h &= (Q/q + L_j + 50) \times 10^{-3}\end{aligned}\right\} \qquad (78)$$

式中　A_z——设置进站缓坡增加的工程投资(万元/站)；

A——工程造价(万元/km)；

ΔL——设置进站缓坡引起的线路展长(km)；

ΔH——设置进站缓坡引起的高程损失(m)；

I_x——限制坡度(‰)；

ΔI——坡度损失(‰)；

L_h——缓坡长度(km)；

I_q——起动坡度(‰)；

Q——牵引质量(t)；

q——每延米列车质量(t/m)，取5.677t/m；

L_j——机车长度(m)；

50——缓坡长度的安全余量(m)。

计算结果表明：

1)因机车牵引特性、限坡、起动缓坡坡度值以及工程造价不同，设置进站缓坡引起的工程投资差异甚大。

2)限坡大时牵引定数小，列车长度与缓坡长度短，高程损失小，线路展长少，故增加工程投资小。

3)电力机车起动牵引力大，起动坡度大，高程损失小，线路展长短，故增加的工程投资比内燃机车的少。

以Ⅰ级铁路为例，限坡为6‰～12‰时，设置缓坡增加的工程投资：SS_{4B}为70～56万元/站，DF_8为175～54万元/站，DF_{4B}为305～148万元/站。可见：设置缓坡的工程代价是昂贵的。从经济上考虑也不宜每站设置进站缓坡。

5　进站缓坡坡度值。进站缓坡坡度值可按下式计算：

$$\left.\begin{aligned} I_q &= \frac{F_q - P\omega_q' - Q\omega_q''}{(P+Q)g} \\ \omega_q'' &= 30 + 4I_q \end{aligned}\right\} \qquad (79)$$

式中　F_q——机车起动牵引力(N)；

P——机车质量(t)；

ω_q'——机车单位起动阻力(N/t),电力与内燃机车取 50N/t;

ω_q''——货车单位起动阻力(N/t),不小于 50N/t;

g——重力加速度(m/s^2),取 $9.81m/s^2$。

1)按现行《牵规》参数及滑动轴承货车阻力的计算结果见表 74。

表 74　主要机型起动坡度(滑动轴承货车)(‰)

限制坡度		4	6	9	12	15
电力机车	SS_1	4.06	6.66	10.22	13.88	17.44
	SS_3	3.35	6.05	9.39	12.65	16.25
	SS_{6B}	3.54	5.82	9.00	12.16	15.38
	SS_4	6.05	5.91	9.10	12.34	15.42
	SS_{4B}	5.71	5.51	8.35	11.23	14.23
内燃机车	DF_4	2.08	4.76	7.69	10.76	13.55
	DF_{4B}	2.62	5.12	8.11	11.16	14.32
	DF_8	2.62	5.30	8.45	11.45	14.77

由表 74 知:

①SS_1 的起动坡度大于限坡,不需设置起动缓坡;SS_3 当限坡大于或等于 6‰、SS_4 与 SS_{6B} 当限坡大于或等于 9‰时不需设置起动缓坡。SS_{4B} 在各种限坡时均需设置起动缓坡,但起动缓坡值与限坡值之差较小,设置缓坡的高程损失和工程代价不大。

②内燃机车均需设置起动缓坡,且限坡越小,起动坡度与限坡之差越大,设置缓坡高程损失越大,工程代价越大。

2)按《牵规》参数计算,因滚动轴承货车的起动阻力小,所占数量比重大,按滚动与滑动轴承货车数量加权平均计算的起动阻力小,故起动缓坡值较表 74 数值为大,计算结果见表 75。

表 75 主要机型起动坡度表(滚动与滑动轴承货车)(‰)

限制坡度		4	6	9	12	15
电力机车	SS_1	4.55	7.92	12.30	16.77	21.12
	SS_3	4.25	7.15	11.26	15.26	19.06
	SS_{6B}	4.52	6.88	10.79	14.70	18.64
	SS_4	7.02	6.98	10.92	14.88	19.07
	SS_{4B}	6.68	6.50	10.01	13.55	17.22
内燃机车	DF_4	3.05	5.56	9.18	12.95	16.36
	DF_{4B}	3.60	6.02	9.70	13.46	17.32
	DF_8	3.60	6.23	10.12	13.82	17.87

由表 75 知：所有电力机车和起动坡度均大于限制坡度，不需设置起动缓坡；内燃机车仅在 4‰(DF_4 为 4‰～6‰)时才需设置起动缓坡，因起动坡度与限坡的差值较小，故设置缓坡的高程损失和工程代价相应减小。

6 运营部门对设置进站缓坡的意见。调查中，运营部门对进站缓坡的设置提出以下意见：

1)齐齐哈尔分局认为：区段站行车量大，机车出入库频繁，机外停车几率大，应设置进站缓坡，一般中小站可不设。

2)锦州分局反映：沈山复线机外停车几率小可不设，作业量大的单线中间站应设进站缓坡，小站不必设。

3)太原东机务段认为：有工矿企业专用线接轨的车站及作业量多的车站应设进站缓坡。

4)郑州局机务处指出：蒸汽机车起动困难，迫切需要进站缓坡，电力机车可不设进站缓坡。内燃机车需要设，但问题不突出。

5)郑州局机务处和铁道部运输局认为：机外停车问题对电力、内燃牵引不像对蒸汽牵引那么突出。本条规定编组站、区段站、接轨站设进站缓坡是合适的。

6)上海局运输处认为：进站起动困难者，行车部门可规定 9 不准在此类站站外停车，不设缓坡也无妨。

4 车站分布

4.0.1 本条说明如下：

1 关于车站分布必须满足对该线所要求的输送能力和客车对数。铁路是国民经济的大动脉，其主要任务是完成国家交给的运输任务。在铁路设计中车站分布是保证该线运输能力的重要环节。单线铁路在一定的线路平面和纵断面、机型和信联闭等条件下，站间距离决定着该线的区间通过能力和输送能力。双线铁路在半自动闭塞情况下，区间通过能力与单线铁路一样，受站间距离控制；在自动闭塞情况下，站间距离与平行运行图能力无关，但与非平行运行图能力有直接关系。因此，不论单线或双线，车站分布都影响着铁路的通过能力。满足对该线要求的输送能力和客车对数是车站分布的重要任务。

2 关于车站分布的经济时分和经济距离，以及中间站、会让站和越行站。

1)关于车站分布的经济时分和经济距离。西南交通大学和铁一院于 1997 年 6 月完成的《新建单线铁路车站分布的研究》，其计算结果与主要研究结论表明：在最大坡度和机车类型一定的条件下，经济时分和经济距离随运输需要的增大而减小；当运输需要和最大坡度一定时，经济时分和经济距离随机车功率的增大而增大，且经济性增强；在一定的运输需要下，同一机车类型的经济时分和经济距离随最大坡度的增加而减小；在一定的运输需要、最大坡度和到发线有效长度的条件下，经济时分和经济距离不随地形类别的不同而不同，即经济时分和经济距离与地形类别无关；在一定的运输需求、最大坡度和机车类型条件下，使牵引质量达到机车牵引力、到发线有效长度等条件所允许的最大值，且最低限度地满足运输需要的区间往返走行时分及其对应的站间距离就是经济时分和

经济距离。因此,新建单线铁路的经济时分和经济距离因具体线路条件不同而不同,不存在具有普遍意义的经济时分和经济距离,但存在经济有利的分布时分和距离范围。例如,当年输送能力为10～30Mt、客车对数为5～10对/d时,电力牵引在限制坡度为4‰～20‰时的经济时分和经济距离分别为21.0～55.0min和8.0～29.0km;内燃牵引在限制坡度为4‰～12‰时的经济时分和经济距离分别为22.5～58.5min和6.5～21.5km。因此,在机车类型一定的条件下,按照满足国家要求的年输送能力和客车对数的原则进行新建单线铁路的车站分布,是经济合理的。

铁道部科学研究院和铁一院1996年完成的科研项目《新建双线铁路车站分布的研究》认为:越行站间的经济距离,当客车为50对/d时为34km(内燃)、35.5km(电力);客车为30对/d时,为66km(内燃)、70km(电力)。敏感性分析表明站间距离在正负15km内取值,其换算年费用仅相差1%左右,即经济性没有大的差别,20～50km均属经济站间距离的范围。因此新建双线铁路越行站间经济距离与能力需求的站间距离(或时分)相比,不起控制作用。

2)关于中间站、会让站和越行站。中间站的功能主要有两个方面,一是进行列车会车、越行及其他技术作业,以满足行车及通过能力的要求;二是进行客、货运作业,以满足地方客、货运量的要求。办理客、货运业务的中间站其位置与当地的交通运输、经济发展和人民生活息息相关。

我国幅员辽阔,经济发展很不平衡,不同的经济发展条件、不同的自然环境、不同的矿产资源分布对办理客、货运业务中间站分布的要求各不相同。随着我国经济的迅速发展,公路及其他运输方式需要进行合理分工,新建铁路办理客、货运业务中间站的站间距离不宜太短。有的山区,公路、水运都不发达,地方客、货运输主要靠铁路来完成,在没有其他运输方式条件下,办理客、货运业务中间站间距离不宜过长,以免给沿线人民生产和生活带来不便。

因此，办理客、货运业务的中间站之间的距离，应根据线路所经地区经济发展情况和其他运输工具的发展情况采用不同的标准。

中间站的分布应结合城市或地区规划合理设置，以方便地方客货运输。

技术作业中间站是指除办理列车会车、越行等作业外，还办理列车其他技术作业的车站。技术作业中间站应满足列车的技术作业要求。

根据铁道部“发展集中化运输”的精神，对客、货运输量小而分散的线路，可根据沿线公路、水运等情况采用集中运输，不必站站办理客、货运作业。将不办理客、货运业务，仅办理列车会让和越行又没有其他技术作业的车站在单线铁路称会让站，双线铁路称越行站。会让站按满足该线通过能力要求的时分标准进行分布；越行站按双线车站分布标准分布。

3)由于铁路车站站坪宽度及其平、纵断面的技术标准比区间正线要求高，尤其有技术作业和客、货运作业的车站，站场建筑物和设备较多，这就要结合地形、地质、水文等工程条件和车站运营条件统一考虑，避免因单纯考虑通过能力而将车站设在地形困难或地质不良地段引起巨大工程，甚至遗留隐患影响日后的正常运营。

4)考虑区间通过能力的均衡性进行车站分布，有可能减少车站数目，减少不必要的列车等会时间，从而节约工程费，提高运输效率，降低运输成本。但过分强调均衡性，有些车站将分布在地形、地质不良地段，会增加工程投资，恶化运营条件，同时，有可能形成多个连续的通过能力控制区间，给列车运行调整带来较大困难。因此均衡性应适当考虑，但不能过分强调。

4.0.2 “天窗”是指铁路列车运行图中，不铺划列车运行线而为施工和维修作业预留的时间。

接触网维修是电气化铁路最经常性的维修项目，已经实现制度化。根据接触网维修的作业性质，需要开“天窗”才能进行作业。

我国目前接触网维修"天窗"时间，单线为60～90min，双线为90～120min。考虑到在"天窗"时间内除接触网外，线路、信号等设备的维修均可利用"天窗"时间同时进行；还考虑到大型机械作业的需要，在车站分布中电气化铁路的综合维修"天窗"时间单线可按90min，双线可按120min设计。在有大型机械作业的线路上进行线路大、中修和综合维修需要较大"天窗"时，可在此基础上再占用部分储备能力以满足作业要求。

由于铁路运量逐年增长，列车质量和密度增加，线路维修作业量也随之增加。特别是繁忙线路，采用人工或小型养路机械，利用列车间隔时间进行线路维修越来越困难，不仅影响线路质量和作业效率，而且不能保证行车和人身安全。因此，内燃牵引的铁路也应扣除一定的"天窗"时分。

根据《铁路行车设备实施综合天窗的规定》(铁办[2005]11号)，"维修天窗：电气化铁路双线每次不少于90min，单线每次不少于60min；非电气化铁路双线每次不少于70min，单线每次不少于60min。以上维修天窗每月上、下行线各不少于20次。维修天窗必须在列车基本运行图上给予充分保证。施工天窗：时间应与维修天窗时间重叠，具体时间标准应在月计划中确定，大型机械作业时，每次不少于180min"。大型机械一次作业需要的天窗时间长，但并不是年年、天天都有大型机械进行作业，如大、中修不是每年都有，其维修周期约为10年、5年；线路的综合维修也不是每年都有，繁忙线路约为2年一次。因此，按日均值扣除综合维修"天窗"时间较为合理。当采用大型机械作业时，可占用部分储备能力以满足天窗时间要求。

本条规定内燃牵引单、双线铁路的日均综合维修"天窗"时间可分别取60min、70min。

4.0.3 铁路的站间距离与铁路的通过能力、工程造价、运营效益及沿线交通运输、人民生活有密切的关系。一般来说，车站的站间距离越短，车站的数量越多，区间的通过能力越大，地方客货运输

越方便，但车站个数过多一是增加站内设备的工程投资；二是在地形困难情况下需展长线路，增加区间线路的工程投资；三是增加列车起停次数，造成旅速降低，机车、车辆周转时间长，运营费增加。因此对过短的时间距离应做适当限制。

根据1995年统计，全路5155个客运营业站中，日均上下车人数在20人以下的有1566个，占总数的30%。全路货运营业站4432个，日均装卸车小于5车的车站有1928个，占43%。若将日均装卸5车以下的站关闭，则可使全路货运站的平均站间距由12.2km延长至21.6km。根据研究，新建铁路办理客、货运作业中间站的经济距离在20km以上比较合适。商务作业站的距离一般不会对车站最小站间距离起控制作用。

根据运营经验，单线铁路的平行运行图通过能力最大值控制在48对/d比较合适。当平行运行图能力为48对/d时，其足坡地段站间距离电力牵引为9.5km左右，内燃牵引DF_8型机车为8km左右，DF_{4B}型机车为6.6km左右。当平行运行图能力为40对/d时，其足坡地段站间距离电力牵引为12.1km左右，内燃牵引DF_8型机车为10km左右，DF_{4B}型机车为8.2km左右。

由此可见，即使是在紧迫导线地段，当站间距离为8km时，电力机车牵引区段都能满足平行运行图通过能力48对/d以上，内燃机车牵引区段DF_8型机车也可满足平行运行图通过能力48对/d，DF_{4B}型机车可满足平行运行图通过能力40对/d。随着我国科学技术的发展、机车制造技术水平有很大提高，机车功率越来越大，计算速度也有所提高，列车牵引质量在限坡6‰及以下时，往往受到发线有效长度等条件控制，列车在限坡上可高于计算速度运行，车站站间距离相应可得到延长。而站间距离太短，将使铁路工程费、运营费增加，运营指标恶化，因此，既要保证一定的能力，又要节省投资，提高经济效益，新建单线铁路站间距离不宜小于8km。

根据《新建双线铁路车站分布的研究》和《新建快速（V_{max} =

140km/h)双线铁路车站分布问题的研究》(专题研究)、《新建准高速(V_{max}=160km/h)双线铁路车站分布问题的研究》(调研报告)结果,新建双线铁路电力牵引车站分布控制时分标准的最小值为20min,按此计算其足坡地段站间距离为16.7km左右;内燃牵引客车最高时速120km/h以下,车站分布控制时分标准的最小值为40min,按此计算其足坡地段站间距离DF_{4B}型机车为14.7km,DF_8型机车为20.8km;内燃牵引客车最高时速为140km/h时车站分布控制时分标准的最小值为35min,按此计算其足坡地段站间距离DF_{4B}型机车为12.8km,DF_8型机车为18.2km。当客车最高时速为160km/h时,货车速度也要相应提高,以免客货速差太大影响能力,站间距离亦不会太短。故新建双线铁路站间距离不宜小于15km。

由于铁路车站分布不仅受通过能力的限制,而且还要受地形条件、地质条件、地方客货运要求等诸多因素的影响,站间距离限制过死,可能导致车站设置引起巨大工程或恶化运营条件。因此,困难条件下个别区间站间距离,单、双线分别略短于8km、15km也是可以的。

上述规定不适用于枢纽内。因为铁路枢纽一般都位于几条干线的交会点,且在大城市附近。枢纽内的车站一般都具有作业量大、作业复杂、车站规模大等特点。枢纽内的铁路布局几乎都呈现为车站密、站型大、交叉多、疏解多、场地紧张,因此,对枢纽内的最短站间距离限制应比线路上的更短一些。根据研究,双线铁路最小站间距离受自动闭塞信号机控制为5km。因此,本条规定枢纽内站间距离不得小于5km。

4.0.4 技术作业站相邻区间减少列车走行时分的目的,主要是减少因技术作业而造成的对通过能力的影响,使技术作业站相邻区间的通过能力不低于要求的能力。

1 区段站比一般中小站作业量大、股道多、咽喉长、信联闭设备较复杂,站内进行交叉干扰大,调车、编解、取送车作业与接发车

有一定干扰，且上下行列车都需在站停车。因此，在进行车站分布时其相邻区间走行时分需有所减少，使其区间能力稍有富余，方能保证全区段区间设计能力的兑现。为此，规定单线铁路区段站相邻区间走行时分各减少4min。

2 根据需要减少相邻区间走行时分的其他技术作业站主要指有机务换乘、摘挂补机、列检、凉闸等作业的车站，或区间有站外避难线、长隧道通风影响通过能力等情况的车站。并且这是指长期存在影响能力的。如远期采取措施可以消除这些影响，则可不扣除时分。如仅在近期存在上述情况，设计时亦应考虑其影响。由于该项时分标准因线路、站场具体条件及运输作业情况各异，不易取得统一标准，设计时可参照条件类似的线路取用，也可由分析计算确定。

4.0.5 在新建单线铁路的车站分布中，常遇到需要设站的地方地形困难、难于设站的矛盾。这个矛盾一般可通过调整或增站加以解决。为了解决个别难于设站的特殊困难，本条规定当设站工程巨大时经技术经济比较，可按双线设计，以延长区间距离。但这仅能在个别地段使用，且需做出技术经济比较。

4.0.6 本条与原规范相比，增加了路段旅客列车设计行车速度为160km/h的货物列车单方向运行时分。

本条主要依据铁道科学研究院和铁一院1996年、1997年完成的科研项目《新建双线铁路车站分布的研究》和《新建快速($V_{max}=140km/h$)双线铁路车站分布问题的研究》(专题研究)、《新建准高速($V_{max}=160km/h$)双线铁路车站分布问题的研究》(调研报告)所提出的研究成果进行编制。

对于本条需说明以下几点：

1 关于新建双线铁路车站分布所采用的闭塞方式和应保证的能力水平。新建一条双线铁路需要巨大的财力和物力，因此，应要求其具有较高的区间通过能力和输送能力水平。根据国内外运营实践，双线铁路技术控制的非平行运行图能力一般以130～140

对为宜，扣除一定的储备能力后，客、货列车总对数一般应控制在110～120对/d。要达到这样的能力水平，双线铁路采用半自动闭塞是不可能的。且双线铁路采用自动闭塞与采用半自动闭塞相比，线路的区间通过能力可提高一倍以上，而工程投资增加不多。在新线建设中，由于自动闭塞线路的区间通过能力高，车站减少，还可能减少投资。因此，新建双线铁路的车站分布应以采用自动闭塞为条件。其最大客货行车量电力牵引铁路为110～120对/d，内燃牵引铁路为100对/d。

内燃机车的计算速度比电力机车低得多，客货列车的速差大，在一定的追踪间隔时间条件下，客车对数和站间距离都将受限制。否则，客车扣除系数增大将降低通过能力。根据《新建双线铁路车站分布的研究》专题研究成果，内燃牵引铁路的客货列车总对数在100对/d左右比较合适，且其中客车对数不大于40对/d。

2 关于双线铁路车站分布与通过能力的关系。单线铁路车站分布的疏密度与该线的区间通过能力直接相关。双线铁路采用自动闭塞时，车站分布的疏密度与该线的平行运行图能力没有直接的关系；但与非平行运行图能力却有直接的关系。这是因为客货列车运行速度不同，导致在客货列车之间形成一定的速度比，在一个区间内形成走行时间差。铁道科学研究院1989年6月《铁路区间通过能力计算方法的研究》课题的研究成果表明：双线铁路旅客列车的扣除系数与在该线运行的旅客列车对数、客货列车速度比、客货列车在区段内最大区间的走行时分差有一定的关系。其关系式为：

$$\varepsilon_{客}=\alpha[2\cdot\Delta+0.05-0.0375t_{差}+(1.025t_{差}+3.6)/I_{货}] \quad (80)$$

$$\alpha=1.07-0.53(n_{客}/100)+0.1(n_{客}/100)^2 \quad (81)$$

式中 $\varepsilon_{客}$——旅客快车扣除系数；

α——客车对数影响系数；

Δ——全区段货、客列车平均运行速度之比或客、货列车运行时分之比；

$t_{差}$——区段内货、客列车最大区间运行时分之差(min)；

$I_{货}$——货物列车追踪间隔时分(min)；

$n_{客}$——旅客列车对数(对/d)。

上式表明了旅客列车的扣除系数与站间列车运行时分有直接的关系，也表明了双线铁路的区间通过能力与越行站间的距离有直接的关系。这是新建铁路越行站分布的理论依据。

3 关于困难条件下个别区间货物列车运行时分的增大值。为了在线路定线中使车站站位的选择具有更大的灵活性，以适应地形或其他特殊情况需要，在不降低能力水平的条件下，允许个别站间增加少许时分。《新建双线铁路车站分布研究》研究报告认为由于运行时分标准的分档是阶梯形的，在分档的临界结点上不可避免的出现阶跃现象。因此在同一档次内，由于客车对数不同使实际能力水平有所不同。该研究报告推荐的货物列车运行时分增大值 ΔT 的计算方法如下：

当旅客列车最高速度在 120km 中及其以下时：

$$\Delta T=5-0.2(N_k-K) \qquad 5\geqslant\Delta T\geqslant0 \tag{82}$$

当旅客列车最高速度在 140km/h 时：

$$\Delta T=3-0.2(N_k-K) \qquad 3\geqslant\Delta T\geqslant0 \tag{83}$$

式中 ΔT——时分增大值(min)；

N_k——旅客列车对数(对/d)；

K——调整常量，取值见表 76。

表 76 调整常量 K 取值表

旅客列车最高速度(km/h)	≤120			140	
旅客列车对数 N_k(对/d)	≤20	21～40	>40	≤30	>30
调整常量 K	10	20	40	15	30

按上述方法计算的 ΔT 值虽然准确，但比较繁琐，且时分增大值变化幅度不大，又只是在工程困难条件下个别区间的允许值，没有精确计算的必要。为便于操作，本规范规定 ΔT 值为 1～2min。

4 关于路段旅客列车设计行车速度 160km/h 站间货物列车

单方向运行时分。客车最高行车速度提高到 160km/h,普通货物列车最高速度按《铁路主要技术政策》规定 120 km/h,客货速差加大,导致客车扣除系数大,在达到同样非平图能力要求下,将缩短越行站分布距离。但是,在一条高等级、大造价的快速双线铁路上,分布过密的越行站显然是不合适的。在设计时应具体问题具体分析,根据客货行车量要求、线路条件、机车类型、追踪间隔等因素,结合实际情况研究列流衔接、机车车辆运用、客技站股道设置等问题,合理确定列车开行方案,既要满足能力要求,又要达到客车提速要求。客车对数较多时,可以通过缩短货物列车间追踪间隔时间提高通过能力,适当增加货物列车与旅客列车间追踪间隔时间来保证客车达到设计行车速度,有条件时可以采用客货列车分时段组织或客车连发甚至追踪运行等灵活的运输组织方案。

4.0.7 有的新建铁路近、远期客货运量相差较大,远期必须修建双线才能满足要求,而近期双线能力却有很大富余。为减少近期工程,其正线数目需分期建设,即近期为单线,远期为双线。

铁路建设投资巨大,使用时间长,车站分布除必须要满足各设计年度客、货运输的需要外,还应满足远期以后本线的运输能力要求。因此,远期为双线、近期为单线的新建铁路,宜按双线标准进行分布。第二线建设时间的推后,必将产生单线向双线过渡的问题,其车站分布要适应单、双线不同的运输能力要求。

一般来说,双线铁路能力大,车站分布往往较稀,站间距离较长。当近期客、货运量较小,按双线铁路分布车站也能满足近期单线的能力要求时,可按双线标准分布车站;当近期客、货运量较大,按双线铁路分布车站不能满足近期单线的能力要求时,车站分布可能出现以下两种情况:

1 按双线铁路分布车站,近期采用增设会让站、双插、局部双线等措施可以满足能力要求。

2 按满足近期单线运量要求分布车站,远期双线后再关闭部分车站。

由此可见，近期为单线，远期为双线的新建铁路，存在车站分布的方法和标准与不同时期能力适应问题，情况比较复杂。特别是当近期客、货运量较大，按双线铁路分布车站不能满足近期单线的能力要求时，是按双线分布车站，还是按单线分布车站更经济合理，在设计中，需结合该线的客、货运量水平，技术标准及地形条件等因素进行技术经济比较，选定车站分布方案。

4.0.8 车站分布是铁路设计中的重要问题，要考虑长远发展的需要。但在设计年度内，应根据近、远期通过能力和地方经济发展需要逐步开放车站，对暂时不需要的车站缓开。所以规定近、远期的开放站分别按近、远期客货运量要求的通过能力和地方运输需要确定，以节省工程投资和运营支出。在设计中近期开放和不开放的车站，需与有关单位及地方有关部门认真协商落实，在满足运输需要的前提下尽量少开站。

4.0.9 改建既有线或增建二线时，为提高铁路运输效率和经济效益，对作业量较小的车站，在不影响通过能力的条件下可关站。但既有车站运营多年，与地方的生产、群众生活、城镇交通、商业网布置及城市规划等有密切的联系，且已配有相应的客货运设备和人员，故应结合当地经济发展及其他运输方式的情况并考虑铁路本身的运输效率和经济效益妥善处理。

5　铁路与道路交叉

5.1　铁路与道路立体交叉

5.1.1　我国铁路2003年营业里程已达73000多公里，平交道口13000多处，年道口事故率(年均一处道口的事故次数，下同)在0.13以上，直接经济损失数亿元，给人民生命财产造成严重损失。设置铁路与道路立体交叉是消除这种损失的主要途径，本次修订根据《中华人民共和国铁路法》的有关规定，结合铁路运量逐年增加，行车速度逐渐提高的特点，为减少意外人身事故发生，确保行车安全，规定铁路与道路交叉，应当优先考虑设置立体交叉，努力减少平交道口的设置。

铁路与道路立体交叉的形式有道路上跨铁路、道路下穿铁路与机动车道路上跨铁路和非机动车道路下穿铁路相结合等。各种交叉形式的适用条件不尽相同，工程投资差别也很大，设计时应区别不同情况，根据铁路与道路的性质、等级、交通量、地形条件、安全要求以及经济效益和社会效益等因素确定。

5.1.2　国家现行有关标准规定：高速公路为具有特别重要的政治、经济意义，专供汽车分道高速行驶并全部控制出入的公路，一般能适应各种汽车(包括摩托车)折合成小客车的年均昼夜交通量2.5万辆以上；一级公路一般能适应各种汽车(包括摩托车)折合成小客车的年均昼夜交通量1万～2.5万辆，为连接重要政治、经济中心，通往重点工矿区、港口、机场，专供汽车分道行驶并部分控制出入的公路。国家现行标准规定：快速路为城市大量、长距离、快速交通服务，其进、出口采用全控制或部分控制。高速公路、一级公路和城市里的快速路都是交通功能强、服务水平高、交通量大的骨干道路，进、出口实行全控制或部分控制。铁路和这些道路交叉如果采用平面交叉，当道口处于开放状态时，汽车通过道口需限

速行驶，严重影响道路的交通功能；当道口处于关闭状态时，会造成严重的交通堵塞。故规定铁路与高速公路、一级公路和城市快速路交叉，必须立体交叉。

1 Ⅰ级铁路为路网干线，路段设计速度为120～200km/h，列车速度高、密度大，列车追踪间隔短，铁路与道路平面交叉的安全可靠性差，故规定Ⅰ级铁路与公（道）路交叉，应设置立体交叉。

2 二级公路的交通量虽没有一级公路那么大，但随着国民经济的发展也会很快增长，所以，在正常情况下，铁路与二级公路交叉应立体交叉。

3 路段设计速度120km/h及以上的地段，列车速度高、密度大，列车追踪间隔时间仅几分钟，铁路与道路平面交叉的安全可靠性差，故规定应设置立体交叉。

4 1981年原国家基本建设委员会、国家计划委员会联合发布的《铁路、公路、城市道路设置立体交叉的暂行规定》(81)建发交字532号，对铁路、公路、城市道路交叉时设置立体交叉的折算交通量标准和投资划分以及固定资产划分、移交及维修管理等做出了明确规定。这个文件迄今仍是铁路、道路有关部门单位共同协商铁路与道路交叉问题的重要依据。但是，随着我国国民经济的发展，国力的增强，人民生活水平的提高，上述"暂行规定"中关于铁路、公路、城市道路交叉时设置立体交叉的交通量标准明显偏低，需要修改。

本条文表5.1.2-1规定的设置立体交叉的交通量标准是路段旅客列车设计行车速度小于等于100km/h地段，有人看守道口年道口事故率分别不大于0.025、0.035和0.050的道口折算交通量上限值。也就是说，道口折算交通量超过本条文表5.1.2-1规定的量值时，不设置立体交叉不足以保证道口事故率在控制范围以内。

道路上的车辆、行人折合成标准车辆数的折合系数是以现行国家标准《工业企业铁路道口安全标准》GB 6389中的车辆换算系数为基础，考虑了城市道路与公路的计算标准车种不同，将普通汽车与小客车换算系数分别计列。

5.1.3 道路下穿铁路时，公路、厂外道路、城市道路的建筑限界在《公路工程技术标准》JTGB 01—2003、《公路线路设计规范》JTJ 011—94、《厂矿道路设计规范》GBJ 22—87、《城市道路设计规范》CJJ 37—90 中有明确的规定，下穿铁路的道路净空应符合相应标准和规范的规定，以保证道路行车安全和铁路立交桥的结构安全。

本条文表 5.1.3 中乡村道路下穿铁路时，乡村道路净空是根据《中华人民共和国道路交通管理条例》规定的车辆装载高度、宽度加适当安全间距制定的。汽车及大型农机通道净高按大型货运汽车载物高度从地面起不准超过 4m，再加上安全间距 0.5m，共 4.5m；特殊困难条件下按大型货运汽车挂车和大型拖拉机挂车载物高度从地面起不准超过 3m，加安全间距 0.5m，共 3.5m。机耕和畜力车通道净高按收割机和大型拖拉机高度 2.5m 或畜力车载物高度从地面起不准超过 2.5m，加安全间距 0.5m，共 3.0m。人行通道按人力车载物高度从地面起不准超过 2m，加安全间距 0.5m，共 2.5m。通道净宽是按机动车辆装载宽度每侧加安全间距 1.0～1.25m，非机动车辆装载宽度每侧加安全间距 0.5～1.0m 确定的。对于特殊情况下仅供人行的通道，净高可按 2.0m 加 0.2m，安全距离共 2.2m 设计。

有双层集装箱运输需求的铁路的建筑限界，应按满足双层集装箱运输要求的有关规定执行。

除影响视线长度的障碍物，必要时还应增加桥孔，以满足道路视距长度要求。为防止通过铁路立交桥下的机动车辆，因装载过高而危害桥梁安全和造成车辆行车事故，应在立交桥两侧设置限高标志和限高防护架，并应符合《铁路运输安全保护条例》和其他相关标准的规定。

5.1.5 地面水和地下水的排泄是保证铁路、道路路基稳定和强度的必要条件，应引起足够的重视。路基排水的要求在铁路、道路路基设计规范中都有明确规定，铁路与道路立体交叉的排水设计除应满足上述要求外，尚应考虑铁路排水与道路排水的整体配合和相互衔接，形成完整通畅的排水系统。

5.1.6 铁路与道路立交的铁路桥或道路桥上应设置的安全防护

设备，在国家现行标准《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1—2005 和有关道路桥涵设计规范中均有明确规定，应遵照执行。

5.2 道 口

5.2.1 据统计，道口事故率与道口瞭望视距相关，当道口交通量相同时，瞭望视距不足的道口事故率偏高。为了提高道口的安全度，降低道口事故率，道口宜设在瞭望条件良好的地点。

1 本条规定的机动车驾驶员侧向最小瞭望视距是指机动车驾驶员在距道口相当于该段道路停车视距并不小于 50m 处的侧向最小瞭望视距，应大于机动车自该处起以规定速度通过道口的时间内，火车驶至道口的最大距离。

瞭望视距是要求如图 7 所示的 2 个由视距构成的最小视线三角形范围内要保持良好的视线条件。

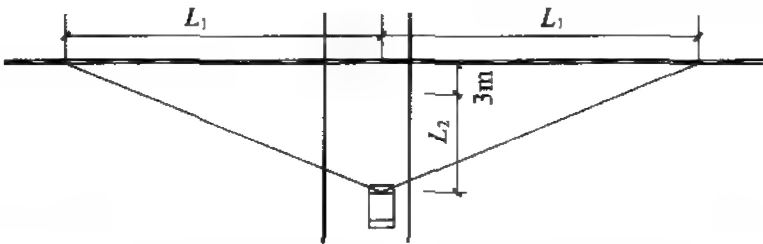


图 7 机动车驾驶员在道口前的瞭望视距示意图

L_2 是当汽车在公路上行驶时，驾驶员发现有火车驶向道口，立即采取制动措施，使汽车在道口前停下来的最小距离，国家现行标准规定为 50m。

L_1 是在汽车通过道口所需的时间内火车行驶的最大距离，即：

$$L_1 = \frac{V_1}{3.6} \cdot T \qquad (84)$$

式中 L_1——火车行驶的最大距离(m)；

V_1——火车行驶速度(km/h)；

T——汽车驾驶员在道口前 50m 发现火车后，将汽车减速至 20km/h，然后匀速通过道口所需的时间(s)。

如图 8 所示，汽车在道口前 50m 处的行驶速度取四级公路的经济速度 35km/h，则 $T=11.9s$。代入式(84)得：

$$L_1=3.3V_1 \tag{85}$$

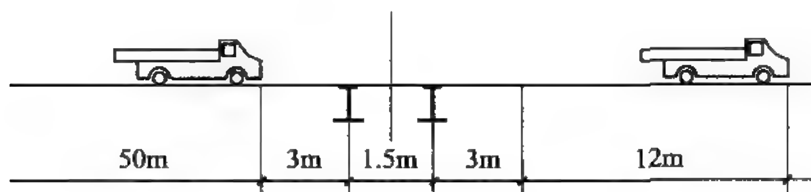


图 8　汽车通过道口所需时间计算图

火车司机最小瞭望视距取火车司机反应时间内列车的走行距离与列车的制动距离之和。

2　铁路车站是列车交会、越行、摘挂、集结、编解的场所，道口如设在车站内，由于列车作业的需要，关闭道口的次数增多，封闭时间延长，影响道路的通行能力；另外，在车站上经常有列车阻挡，严重恶化道口瞭望条件，容易造成事故。现行《铁路技术管理规程》规定："在车站内不应设置道口"。《铁路道口管理暂行规定》规定："对现有道口必须整顿，……逐步取消站内道口"。故本条规定在站内不应设置道口。

道口设在铁路曲线上除恶化瞭望条件外，还由于铁路曲线外轨超高破坏道路纵断面的平顺性，超高大时还会因局部坡度过大造成机动车熄火，引发道口事故。因此，本条规定道口不宜设在曲线上。

如果道口设在桥梁和隧道两端、道岔区进站信号机外方 100m 的范围内，一旦发生道口事故，被撞的机动车和脱轨的列车颠覆在道岔区内、桥下或隧道内时，易造成道岔、桥梁和隧道的破坏，且修复困难；增加救援难度，中断铁路行车时间长，造成的损失更大，因此，应尽量避免在这些处所设置道口。

增建第二线及改建既有线时，对于地形、地质特别复杂，受线路两侧既有建筑物控制的地段，若无条件的全部取消曲线地段的道口，势必引起大量的改建工程。因此，对曲线地段已设置的道口，若改建工程巨大，可予以保留。

5.2.2 道口潜伏着道口事故的隐患。铁路与道路交叉，有条件时应优先考虑设置立体交叉。没有条件立体交叉时，应合理合并道路后设置平面交叉，减少道口数量，提高道口的安全防护设备水平和管理水平，降低道口事故率。

《铁路道口管理暂行规定》指出，“新建铁路的道口密度，在人口稠密地区，以两公里以内不超过一处为宜；在人口较稀疏地区，道口还应适当减少”。据 1986 年统计，全国铁路既有道口密度为每公里 0.42 处，但不同地区差异较大。新建、改建铁路与道路交叉时，应根据所在地区的经济发展、居民点分布情况以及桥涵分布统一规划铁路与道路的交叉设置，道口间的距离不宜小于 2km。

5.2.3 铁路与道路平面交叉应尽量设计为正交或接近正交，但由于地形条件或拆迁工程等限制需要斜交时，交叉锐角应大于 45°，以缩短道口的长度和宽度，并避免小型机动车和非机动车的车轮陷入轮缘槽内的不安全因素。

5.2.4 为了使道路上的车辆能及时发现道口，及早采取措施降低速度，以规定速度通过道口，所以规定通过道口的道路平面线形应为直线。根据国家现行标准规定，从最外侧钢轨算起的最小直线长度不应小于 50m。

本条文表 5.2.4 规定的道口每侧道路的最小直线长度是按下列条件计算确定的。

1 汽车进入道口端，驾驶员在道口栏木外相当于该路段的停车视距处应能看清道口，其最小直线长度计算见图 9。

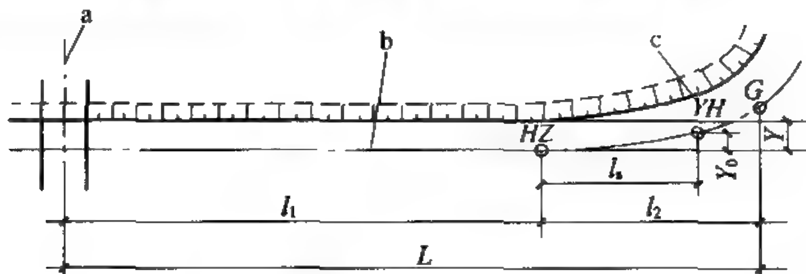


图 9 道口每侧道路的最小直线长度计算图

a—最外侧铁路轨道中心线；b—最外侧车道中心线；c—路基面边缘线

图中，G 点为公路最外侧车道中心线与道口直线段路基面边缘延长线的交点。机动车驾驶员自该点起能看清整个道口。

由图示可得：

$$l_1 = L - l_2 \tag{86}$$

$$L = l_{停} + 5 \tag{87}$$

当 $Y > Y_0$ 时：

$$l_2 = \sqrt{2R(Y - Y_0)} + l_s \tag{88}$$

当 $Y < Y_0$ 时：

$$l_2 = \sqrt{6Rl_sY} \tag{89}$$

式中 l_1——最外侧铁路轨道中心至公路缓和曲线起点（HZ）的距离（m）；

L——道口栏木至最外侧铁路轨道中心的距离（取 5m）与该路段机动车停车视距之和（m）；

l_2——HZ 点至 G 点的距离（m）；

$l_{停}$——该路段机动车停车视距（m）；

Y——公路直线段最外侧车道中心延长线至 G 点的横向距离（m）；

Y_0——缓和曲线终点的切线纵距（m）；

R——圆曲线半径（m）；

l_s——缓和曲线长度（m）。

道口外第一个公路曲线采用一般最小圆曲线半径、极限圆曲线半径和最小缓和曲线长度时 l_1 的计算结果见表 77。

表 77　l_1 计算表

公路等级	地形条件	Y (m)	R(m) 一般最小/极限最小	l_s (m)	Y_0 (m)	公路计算行车速度 (km/h)	l_2 (m)	L (m)	l_1 (m)
三	平原微丘	2.50	200/125	50	2.08/3.33	60	62/45	80	18/35
	山岭重丘	2.25	65/30	25	1.60/3.47	30	34/21	35	1/14
四	平原微丘	2.00	100/60	35	2.04/3.40	40	34/29	45	11/16
	山岭重丘	2.00	30/15	20	2.22/4.44	20	19/15	25	6/10

2　汽车驶出铁路道口端的最小长度。汽车驶出铁路道口端的最小长度应为驾驶员确认前方道路线形的反应时间内汽车行驶的最大距离。

汽车行驶至最外侧轨道中心时驾驶员即可开始辨认前方道路的线形，从反应开始至生效的时间取3s，汽车整体驶出道口后开始加速。以小客车为计算标准，车长取6m，汽车通过道口的速度取20km/h，加速度取1.0m/s^2，则在驾驶员反应时间3s内汽车行驶的最大距离为18m。

3　平面线形连接要求的最小直线长度。

汽车通过道口的速度为20km/h，在道口前后30m范围内的平均速度为30km/h。

铁路道口一般是设在道路的反向曲线之间，根据国家现行标准规定，反向曲线间的最小直线长度（以m计）不小于计算行车速度的两倍为宜，故道口两端直线长度之和不应小于60m、每侧最小直线长度不应小于30m。

公路、厂外道路、城市道路上的道口，每侧道路的最小直线长度应取上述三项计算的最大值。

乡村道路的行车量少、行车速度不高，故取每侧最小直线长度不应小于20m。

5.2.5　从道路车辆通行顺畅的角度看，为减少颠簸，使道路上的车辆能平顺迅速地通过道口，道口铺面与铁路钢轨轨面的高差应该尽量小些。但道口铺面高于轨面会造成铺面垫轮，酿成脱轨事故，故规定铁路钢轨头部外侧50mm范围内，道口铺面应低于轨面5mm。

5.2.6　为了有利于道路上的车辆在道口前停车和起动，从最外侧钢轨外5m算起的平台长度应不小于停留一台车辆的长度。

本条文表5.2.6中的数值均引用于国家现行有关标准。经检算，铰接汽车要求的道口平台长度为20m；半挂车和载重汽车要求的道口平台长度平均为16m，如果停留半挂车，后轮在竖曲线上的

当量坡度不大于1%，不影响车辆起动；乡村道路按畜力车需要的平台最小长度10m计，如果停留载重汽车，后轮在竖曲线上的当量坡度不大于1%，也不影响车辆起动。

5.2.7 紧接道口平台的道路最大纵坡值按停留在坡段上的各类车辆能顺利起动考虑，本条文表5.2.7中的数值与国家现行标准的规定一致，也与原规范的规定相一致，但取消了"特殊困难条件下可酌量加大1%～2%"的规定，以改善道口前后的行车条件。

5.2.8 我国既有道口20000多处，但至今尚没有道口等级标准，道口安全防护设备严重不足，道口事故时有发生，全国平均年道口事故率在0.13以上。

铁一院于1992年完成并通过部级鉴定的《铁路与道路平交道口等级划分标准的研究》中，在大量统计资料的基础上，确立了道口事故率与道口交通量关系的如下数学模型及其计算参数：

$$m=a(N_d \cdot A_d)^b \tag{90}$$

式中 m——年道口事故率；

N_d——年均一昼夜通过道口的车辆、行人折合成标准载重汽车辆数(辆)；

A_d——年均一昼夜通过道口的火车次数(次)；

a,b——计算参数，如表78所示。

表78 道口事故率与道口交通量关系的计算参数

道口类型		瞭望条件	计算参数	
			a	b
无人看守道口		良好	0.044	0.68
		不良	0.060	0.68
有人看守道口	无通知设备	不良	0.014	0.79
	有自动通知和自动信号设备	不良	0.014	0.67

从表78可以看出，在道口交通量和瞭望条件相同时，有人看守道口的事故率仅为无人看守道口的1/4；在有人看守道口中，道口事故率又随安全预警设备的增加而降低。

本条把道口分为无人看守道口和有人看守道口两类。在旅客列车设计行车速度为160km/h、140km/h和120km/h的地段,铁路与道路交叉必须设置立体交叉和应设置立体交叉。铁路与道路交叉的道路交通量小的,道路交叉处设置平交道口时,必须设人看守,并设置安全防护设备,以保证道口年事故率分别控制在0.015和0.025以内。旅客列车设计行车速度为100km/h和等于或小于80km/h的地段,道口年事故率分别按0.035和0.050设计,推求出有人看守道口的起始道口折算交通量分别为1.0和2.0万辆次。

直通机场的道路上客运汽车比重大。直通易燃易爆品仓库的道路常有装载易燃易爆物品的机动车通行。这些道路上的铁路道口一旦发生事故,伤亡人员多,事故损失大,应加强防护,所以规定应设人看守。

在距最外侧钢轨5m处停车,机动车驾驶员的侧向瞭望视距小于本规范表5.2.1规定的数值时,机动车贸然通过道口的危险性很大,所以规定应设人看守,由看守人员根据铁路行车情况及时开、关道口,才能有效保证道口安全。

5.2.9 有人看守道口除设置道口看守房、栏木和道口照明外,还应设置通信(有线或无线)、道口自动通知、道口自动信号等安全预警设备。道口看守人员通过这些设备预先了解列车接近道口的情况,及时关闭道口、疏导在道口内的车辆和行人,使列车安全顺利通过道口,这对于瞭望视距不足的道口尤为重要。当道口上有障碍物妨碍列车通过时,道口看守人员还须及时通过无线电话通知相邻的车站和列车,同时开通遮断信号,这样才能保证道口行车安全。

道口自动信号和道口监护设施可以向道路方向发出列车接近的声响和灯光信号,使道路上的车辆、行人及时避让,提高无人看守道口的安全度,故规定无人看守道口可根据需要设置道口自动信号和道口监护设施。

5.2.10 在道口两侧的道路上按道路交通管理有关规定设置交通标志、路面标线和立面标志是道路交通管理的需要,也是规范道口

附近的道路交通管理、保证道口交通有序进行的必要措施。这些标志标线一般有铁路道口标志、限制速度和解除限制速度标志、行车道中线、边缘线、限速地面标记等，在无人看守道口还有停车让行标志和停止线等。

对于电气化铁路道口还应考虑接触网挂网高度，应在道口附近设置限界架，限制通过道口的车辆装载高度，以保证通过车辆的安全。

5.2.11 考虑铁路拨道和抽换轨枕的需要，道口铺面沿道路的铺砌长度应延长至最外侧钢轨外 0.5～2.0m。城市道路通常设计为单幅、双幅、三幅和人行道，道口铺面宽度应与各幅路相对应，总宽度应为车行道路面宽度与人行道宽度之和。

公路道口的铺面宽度，一般应与路基面宽度相同，但在人烟稀少地区，道路上的非机动车和行人很少时，道口铺面宽度可与公路的路面宽度相同。

通行汽车的乡村道路道口，机动车数量少，其铺面宽度按四线公路山岭重丘区的路基宽度标准设置；只通行非机动车的道口铺面宽度按马车宽度加 1.0m 共 2.5m 设置。

5.2.12 道口铺面材料有钢筋混凝土铺面板、橡胶铺面板等，应选用坚固且易于翻修的材料。道口一般均设在三、四级公路上，道口铺面板的计算荷载和验算荷载标准应与三、四级公路的荷载标准一致。根据国家现行标准规定，计算荷载不应低于汽车-20 级，验算荷载标准不应低于挂车-100 级。

5.2.13 在道口外 20m 的道路上，机动车经常刹车、起动，对低等级路面容易形成凹凸不平的坑洼，影响车辆通行，同时铺筑路面后，还可减少机动车车轮上附着的泥土，落在道口上脏污道床，堵塞道口排水孔道，所以要求应铺设不低于中级标准的路面。

5.2.14 轮缘槽的宽度和深度标准必须保证铁路机车车辆顺利通过，宽度须保证不卡轮、不落轮，深度应保证不垫轮和落入槽内的非机动车车轮和其他物件易于取出。

根据中华人民共和国铁道部《机车车辆用车轮轮缘踏面外形》

TB/T 449—2003，机车轮缘宽度为48mm，轮缘高度为28mm，车轮总宽度为140mm；车辆轮缘宽度为48mm，轮缘高度为25mm，车轮总宽度为135mm。另外，轨距允许最大误差为+6mm和-2mm，钢轨允许最大垂直磨耗为8mm，曲线半径小于350m时轨距加宽值为15mm。所以本条规定轮缘槽宽度应为70～100mm(曲线内股应为90～100mm)。轮缘槽深度不得小于45mm，并不大于60mm。

5.2.15 我国道口一般采用卧轨式护轨，护轨的轨头顶紧在正线钢轨的轨腰上，如果道口范围内有钢轨普通接头，在接头夹板处须将卧轨的轨头锯掉，这将影响护轨的整体强度。另外，道口处的轨道维修困难，应尽量减少维修次数。然而，钢轨普通接头处有轨缝，轮轨撞击加剧，钢轨磨耗变形大，道床变形大，是引起轨道维修的重要原因。所以规定在道口铺面范围内不应有钢轨普通接头。国外有的国家规定钢轨普通接头应设在道口铺面外20英尺(约6m)。

如将钢轨接头焊接，可避免采用钢轨普通接头的缺陷，但施工不便。采用钢轨冻结接头虽施工方便，但仍用夹板连接钢轨，没有消除钢轨普通接头的缺陷，只是由于轨缝很小，钢轨接头处的钢轨磨耗变形和道床变形较小可减少轨道维修工作。

5.2.16 道口排水分为铁路路基面排水和路基边沟排水两个方面，设计时应因地制宜，统筹考虑通畅的排水设施，将水引出道口，避免积水浸泡路基，软化基床，造成病害。在降雨量大、道口宽度较大的非渗水土路基地段更应引起足够重视。

5.2.17 改建既有道口一般应执行本规范的标准。但在某些情况下，改建条件十分困难，如道口密度过大，附近居民又不同意合并或取消；铺面宽度不足，但受两侧建筑物限制无法加宽；道口平台较短、改建困难时等等。因此，在困难条件下，可以保留经多年运营实践证明可以满足道口安全标准的部分既有道口标准。